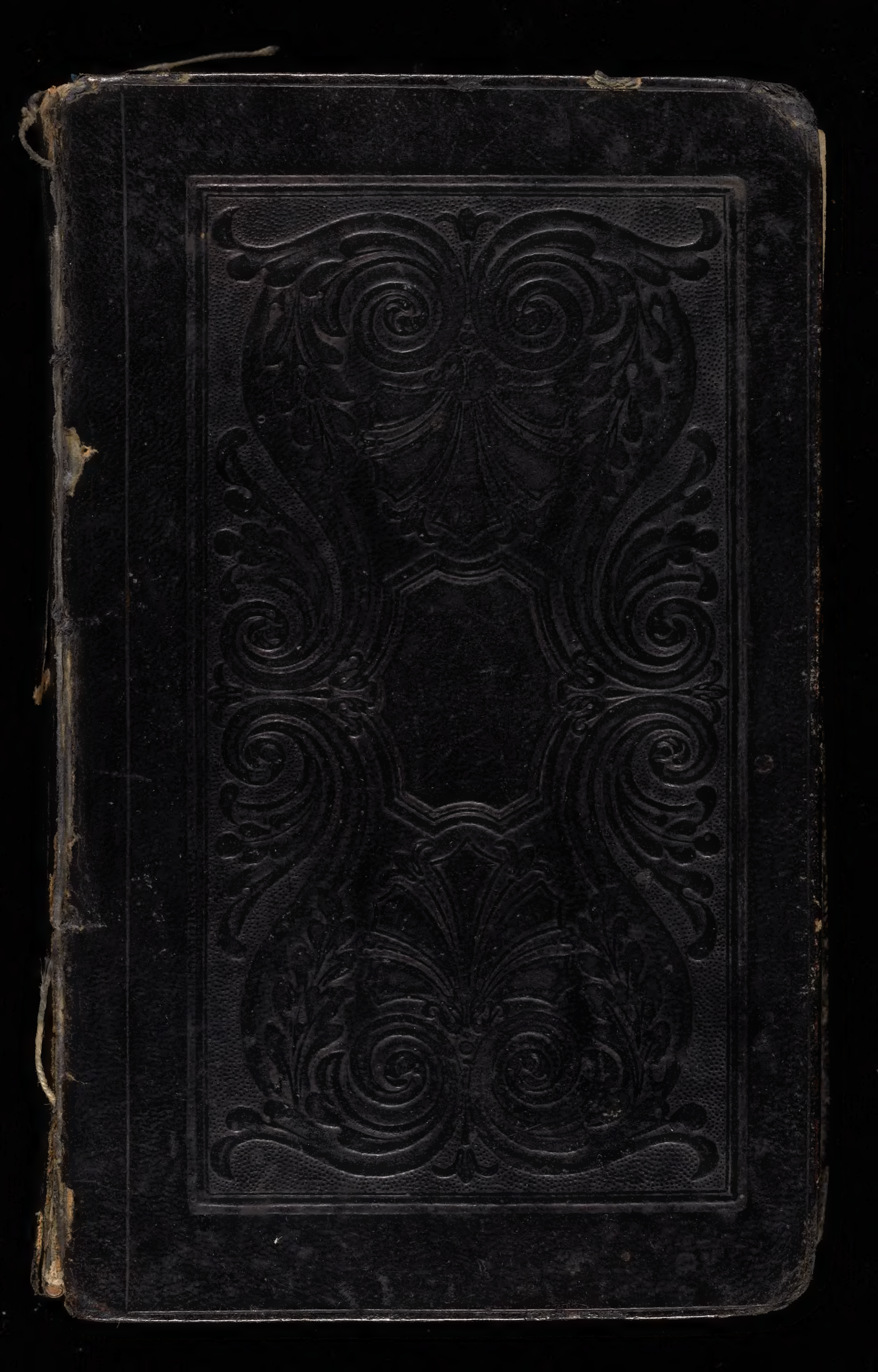




EN LA LIBRERIA POBLANA
de José B. Pascal
2.ª calle de Mercaderes número 6.
Se encontrará siempre un surtido completo de obras escogidas sobre religion, historia, literatura, ciencias y artes, etc. etc.
EX LIBRIS
JOSÉ LUIS EZQUERRA

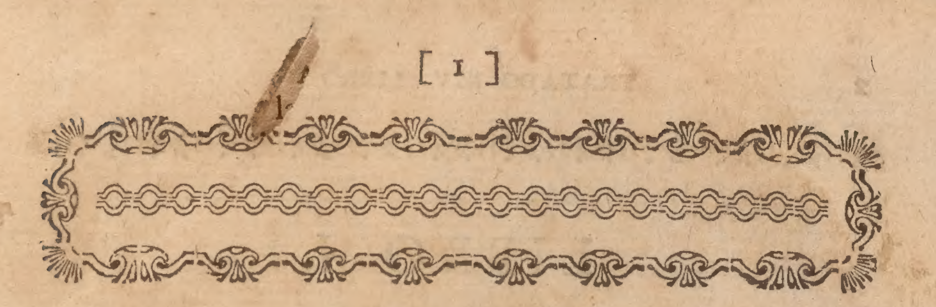
TRATADOS
DE ARQUITECTURA CIVIL, MONTEA Y CANTERIA, Y RELOXES,

QUE COMPUSO

EL D.r TOMAS VICENTE TOSCA,
PRESBITERO DE LA CONGREGACION
DEL ORATORIO DE S. FELIPE NERI
DE VALENCIA.



EN VALENCIA
EN LA OFICINA DE LOS HERMANOS DE ORGA
MDCCLXXXXIV.
CON LAS LICENCIAS NECESARIAS.



TRATADO XIV.

DE LA

ARQUITECTURA CIVIL.



Rquitectura en comun, es una ciencia, que enseña á edificar. Es en dos maneras, Militar y Civil. *Arquitectura Militar*, es la que enseña á fortalecer una Plaza, de suerte, que se pueda fácilmente defender de las invasiones bélicas, y pocos puedan pelear contra muchos: de esta se tratará mas adelante. *Arquitectura Civil*, es la que enseña á edificar tales fábricas, que puedan cómodamente habitar en ellas los hombres, atendiendo á su firmeza, conveniencia y hermosura, proporcionándolas al fin para que se erigen. Divídese en recta y obliqua. *Arquitectura recta*, es la que dirige los edificios sobre suelos horizontales, y gobernándose por la esquadra y plomo, erige las paredes y colunas á ángulos rectos con el suelo. La *Arquitectura obliqua*, edifica sus fábricas sobre suelos inclinados, ó en pasadizos y puertas, que corren en viage, ó en Templos redondos ó elípticos. Trataré de entrambas en este tratado, dexando para el siguiente todo lo que pertenece al arte que llaman de *Montea y Cantería*.

LIBRO I.

DE LA ARQUITECTURA RECTA.

Consiste todo el primor de la Arquitectura en una ajustada disposicion y simetría de las partes, que componen una fábrica; de que sin duda se origina su magestad y hermosura, las que debe siempre procurar el Arquitecto en sus obras, ajustándose prudentemente á aquellas leyes, que observadas por los antiguos Maestros, hicieron célebre á la posteridad su memoria, eternizándola en quantos cortáron mármoles, y en quantas piedras colocáron en sus edificios. No pretendo con esto prohibir á los Modernos la libertad en discurrir nuevas trazas, y formar nuevas ideas con que adelanten este arte ciertamente capaz de variedad, por no estar atenido como otros á los rigurosos preceptos de la Geometría; pero quisiera ver esta novedad mas en la planta ó vestigio de la obra, que en los cuerpos de su elevacion y en sus perfiles, cuya proporcion no conviene se desvie notablemente del estilo que en los cinco órdenes de Arquitectura observáron los Antiguos con general aceptacion de las edades, dando aquella dimension á las partes de una fábrica que pide el órden á quien pertenece.

Para esto se ha de suponer, que *órden de Arquitectura es una cierta disposicion y proporcion de los cuerpos principales que componen un edificio.* Dixe *principales*, porque no qualquiera mudanza ó variedad constituye diverso órden; y aunque esta variedad sea en los cuerpos principales, si no es notable, no causará variedad ni diferencia de órden; si nos metiésemos á averiguar quánta y quál haya de ser esta variacion, gastariamos el tiempo inútilmente en qüestiones de poco momento.

Son pues las órdenes de Arquitectura, que freqüentemen-

mente se estilan en las fábricas los cinco siguientes: *Toscano*, *Dórico*, *Jónico*, *Coríntio* y *Compuesto*. Tratarémos de cada uno en particular en los siguientes capítulos; y añadiré despues una breve explicacion de algunos otros, que ó se reducen á los sobredichos, ó no se estilan ya en nuestros tiempos.

CAPITULO I.

DE LOS CUERPOS QUE GENERALMENTE SE hallan ó pueden hallar en todos los cinco órdenes de Arquitectura.

PROP. I. Teorema.

Explícanse los tres principales cuerpos que suelen componer en los cinco órdenes un cuerpo total de Arquitectura.

En todos los cinco órdenes se hallan freqüentemente tres cuerpos parciales, que sobrepuestos los unos á los otros, hacen un cuerpo total de Arquitectura, y son *pedestal*, *coluna* y *entablamento*. Represéntanse en la *fig.* 1. *Pedestal*, es el pie del edificio; sobre este carga la *coluna*; y sobre la coluna asienta el *entablamento*. Cada uno de estos cuerpos se compone de otros menores, que refiero por su órden, empezando desde el suelo.

Zócalo, es el paralelepípedo B, que asienta inmediatamente sobre el suelo: este no entra en el órden de Arquitectura, y así puede ser mas alto ó mas baxo, segun pareciere mejor al Arquitecto; ni varía jamas la simetría de la fábrica, que siempre se computa del zócalo exclusivamente hácia arriba.

Pedestal, *estilobata* ó *muro*, es un sólido paralelepípedo IC que asienta sobre el zócalo, y consta de dos ornatos, el de abaxo IL es *basa* del pedestal, y el de arriba KC se llama *corniza* del pedestal: el paralelepípedo sobredicho sin basa ni corniza, se llama *neto* del pedestal, como LK. En los órdenes Toscano y Dórico

suele faltar el pedestal; y en todos los órdenes en su lugar se acostumbra substituir un sólido paralelepípedo sin basa ni corniza, llamado *zócalo*.

Sobre el pedestal asienta la *coluna* CD. Consta la coluna de tres cuerpos, que son *basa*, *escapo* ó *estípite* y *chapitel*. La basa es CF; *escapo* ó *estípite* es FE; y *chapitel* ED.

Sobre la coluna descansa el *entablamento* DA, que consta tambien de tres partes, *arquitrabe* DH, *friso* HG, y *cornija* GA. Cada parte de las referidas consta de otras mas menudas, que sirven de adorno y hermosura, y estas admiten variedad á gusto del Arquitecto: su formacion y figura explicaré en la proposicion siguiente.

Generalmente en todos los cuerpos sobredichos, y en qualquier órden de Arquitectura se ha de observar, que lo sólido y firme cargue siempre sobre firme, asentando de tal suerte unos cuerpos sobre otros, que guarden entre sí perfectamente el plomo, sin que se permita que el cuerpo superior, ni en todo ni en parte salga fuera de lo que pide la correspondencia sobre el inferior, ántes bien se vayan reduciendo y estrechando mas las solideces, quanto mas va subiendo la fábrica; pero los cuerpos volantes, como son las cornijas, vuelan hácia fuera para mayor ornato y conveniencia de la obra, y así tienen sus proyecturas ó voladas con su determinada medida, como verémos despues.

La medida con que se determina y mide la magnitud de todos los referidos cuerpos grandes y pequeños, es el semidiámetro inferior del escapo ó coluna, que se llama *módulo*: este, tomado algunas veces, mide y determina los cuerpos mayores; y el mismo módulo dividido en partes mas pequeñas, sirve para determinar los cuerpos menores: en el órden Toscano y Dórico se suele dividir en doce partes ó minutos; pero en los demas se divide en diez y ocho. El agregado de los cuerpos, pedestal, coluna y entablamento, hace un cuerpo entero de Arquitectura; y de estos puede tener una fábrica dos ó tres, uno sobre otro, como en su lugar verémos.

PROP.

PROP. II. Teorema.

Explícase la proporcion que han de guardar entre sí los tres cuerpos pedestal, coluna y entablamento.

Todos los cinco órdenes de Arquitectura convienen en la proporcion que guardan entre sí los tres cuerpos pedestal, coluna y entablamento; y es, que el pedestal sea la tercera parte de la coluna con basa y chapitel; y el entablamento sea la quarta parte de la misma coluna, tambien con basa y chapitel: de que se sigue, que dividiendo la altura de la fábrica, ó lo que ha de subir un cuerpo total de Arquitectura en 19 partes iguales, le tocarán 12 de estas á la coluna con basa y chapitel, 4 al pedestal, y 3 al entablamento: fúndase esto, en que el número menor, que tiene tercio y quarto, es el 12. Teniendo pues 12 la coluna, 4 el pedestal, y 3 el entablamento, será aquel el tercio de la coluna, y este el quarto, y los tres juntos 19; porque 3, 12 y 4, hacen 19, y todas las medidas especiales que señalarémos en cada órden, harán los tres dichos cuerpos con la proporcion de 4, 12 y 3, como verémos en su lugar.

PROP. III. Teorema.

Explícanse las principales molduras ó cortes que pueden servir de ornato en los cinco órdenes.

Varias son las molduras ó cortes de piedras con que suelen adornarse algunas partes de los edificios: las principales son las siguientes, *filete* ó *liston*, *gola* ó *cimacio*, *equino*, *antequino* ó *esgucio*, *toro* ó *cordon* ó *tondino* ó *bocel*, *escocia*, *canales* y *astrágalo*. El *liston* ó *filete*, es una moldura llana y seguida paralelógrama rectángula, que se suele interpolar con las otras molduras para mayor distincion y elegancia.

Los *cimacios* ó *golas*, se expresan en la *fig.* 2, 3, 4 *y* 5, son al modo de una S ú de un papo de paloma: com-

compónense de dos arcos encontrados, y son en dos maneras, *recta* é *inversa*. Rectas son las de las *fig.* 2 *y* 3. Inversas, las de las 4 *y* 5. De cada una hay dos diferencias, y todas concuerdan en que su proyectura es poco mas ó ménos igual á su perpendículo. El modo de formarlas es el siguiente.

Tírese en todas la recta AB, que se dividirá por medio en E; y en la primera (*fig.* 2.) tírese por E la CC paralela á CD, y perficiónese el paralelógramo CB, y haciendo centro en los puntos C, C, con la distancia CE, se describirán los arcos, y quedará formada. En la segunda (*fig.* 3.) se formará sobre AE el triángulo equilátero AEC; y sobre EB otro equilátero EBC; y de los centros C, C, con la distancia CE, se harán los arcos, y quedará descrita; y esta parece mejor á la vista, que la primera.

En la tercera (*fig.* 4.) se formará sobre AE el triángulo equilátero AEC; y desde C, con la distancia CA, se describirá el arco AE; y tirando la EO perpendicular á CD, desde O, se describirá el arco BE, y quedará descrita. En la quarta (*fig.* 5.) tirada como ántes la EO, se describirá el arco BE; y tomando AC, que sea con poca diferencia los tres quartos de AB, se formará el triángulo isoceles ACE, y desde C se hará el arco AE, y quedará formada.

Los *equinos* ú *óvalos*, son unas molduras, cuya superficie es convexâ, y contiene una quarta, ó parte de una quarta de círculo, como son las que se vén en las *figuras* 6, 7, 8 *y* 9, que son en quatro diferencias. El equino ú óvalo de la *fig.* 6 se llama *emerso*; porque la quarta CAB, que sirve para su formacion, sale fuera de su proyectura por entrambos radios CB, CA. El de la *fig.* 7 es *submerso*, por tener su quadrante fuera de su proyectura por solo el radio CB. El de la *fig.* 8 es *inmerso*, por entrarse el quadrante dentro de lo firme. El de la *fig.* 9 es *recto*, por tener toda la quarta del círculo, y aun algo mas de proyectura.

Los *antequinos* ó *esgucios*, á quien algunos llaman tambien *boceles*, son unas molduras cóncavas, cuya con-

ca-

cavidad es una porcion de círculo, como los de las *fig.* 10, 11, 12 *y* 13. Hay quatro maneras de antequinos ó esgucios. El de la *fig.* 10 es *exîliente*, y le toca la porcion de quadrante AB: su vuelo es igual al radio; pero su altura es menor que el radio. El de la *fig.* 11 se llama *abundante*, cuyo vuelo es algo menor que el radio del quadrante, y algo mayor que el perpendículo. El de la *fig.* 12 se llama *deficiente*: su vuelo es menor que el perpendículo, y este es poco menor que el radio del quadrante. El de la *fig.* 13 es *recto*, porque tiene un quadrante justo, y su vuelo y perpendículo son iguales.

Toro ó cordon, es una moldura circular y convexâ, como son A y E en la *fig.* 14: sus diferencias consisten en que los centros de su convexîdad caigan mas ó ménos dentro ó fuera del macizo: llámase tambien *tondino* ó *bocel*, singularmente quando no es muy crecido. Los *canales* son unas molduras circulares cóncavas, como son C y D, (*fig.* 15) cuyas diferencias consisten en ser mas ó ménos profundas. La *escocia*, es una especie de canal, cuya descripcion se verá despues, como tambien la del *astrágalo*, á quien tambien llaman *tondino*.

CAPITULO II.

DEL ORDEN TOSCANO O ROMANO.

EL órden Toscano es semejante á un hombre rústico, robusto y de grandes fuerzas. Llámase *Toscano* por su rusticidad y poco ó ningun ornato, segun unos; ó segun otros, por haber sido inventado en la Toscana ó gran Ducado de Florencia: su simetría y proporcion es la siguiente.

PROP.

PROP. IV. Teorema.

Explícase la proporcion y simetría del órden Toscano.

Suele comunmente este órden carecer de pedestal; pero por quanto le puede tener, explicaré tambien su disposicion y molduras; y empezando por la coluna, digo, que con basa y chapitel consta de 14 módulos, ó siete diámetros de la basa ó imo escapo de la misma coluna: su pedestal (quando le tiene) es de 4 módulos y dos tercios ú ocho partes, que es el tercio de la coluna con basa y chapitel; y el entablamento ó trabeacion superior tiene 3 módulos y medio, ó seis partes, que es la quarta parte de la coluna con basa y chapitel. Estas medidas se reparten de esta suerte.

La basa de la coluna tiene un módulo.
Escapo, caña ó cuerpo de la coluna 12 módulos.
Chapitel un módulo.
Arquitrabe un módulo.
Friso un módulo y dos partes.
Corniza un módulo y quatro partes.

Con que toda la altura de la fábrica en este órden Toscano, careciendo de pedestal, consta de 17 módulos y medio.

Todas estas medidas se vén expresamente en la *fig.* 16; y advierto, que todos los órdenes de Arquitectura concuerdan en que la basa de la coluna consta de 1 módulo; pero hay esta diferencia, que en este órden Toscano y en el siguiente, que es el Dórico, se incluye en el dicho módulo el listeto ó regla en que termína el imo escapo ó pie de la coluna, aunque siempre es parte de su caña ó escapo, como advirtió el Obispo Caramuel en el *trat.* 5 *de su Arquitect. art.* 3, y en los demas órdenes se excluye de dicho módulo.

Si á este órden se le añade pedestal, tendrá como dixe 4 módulos y 8 partes, en esta forma: su basa tiene 6 partes, otras 6 su corniza y 3 módulos, y 8 partes su neto ó estilobata, como se vé en la *fig.* 17; con que tiene de alto toda la obra, haciéndose con pedestal,

tal, 22 módulos y 2 partes. El P. Milliet da ménos altura al pedestal; pero juzgo por mejor lo que tengo dicho, que es de Jacobo Baroccio, llamado comunmente Vignola.

PROP. V. Teorema.

Decláranse los cortes de piedras ó molduras del órden Toscano, juntamente con sus voladas ó proyecturas.

Los cortes de piedras que adornan este órden Toscano, suelen ser los que representan las *figuras* 17 *y* 18, suponiendo, que en lugar de estos puede substituir otros el Artífice á su arbitrio con las mismas dimensiones: sumadas las de sus alturas hacen justamente las que dixe en la Prop. pasada: sus proyecturas ó voladas en el pedestal y coluna se cuentan desde la línea, que sirviendo de exe á la coluna, pasa por medio del pedestal, hasta la trabeacion superior ó entablamento; y las expreso en partes de módulo, que como dixe, se supone dividido en 12 partes ó minutos.

PEDESTAL. (*fig.* 17.)

I Zócalo, plinto ó abaco: su altura 5 partes: proyectura 20 partes y media.
H Filete ó listelo: altura una parte: proyectura 18 partes y media.
G Neto del pedestal ó estilobata: altura 3 módulos y 8 partes: proyectura 16 partes y media.
F Gola reversa: altura 4 partes: proyectura 20 partes.
E Filete ó listelo: altura 2 partes: proyectura 20 partes y media.

BASA DE LA COLUNA. (*fig.* 17.)

D Plinto: altura 6 partes: proyectura 16 partes y media, como el neto del pedestal.
C Toro ú cordon: altura 5 partes: proyectura 16 partes y media, como el plinto.
B Listelo ó filete, que forma la pestaña del pie de la coluna, y es siempre de la misma piedra que ella: altura 1 parte: proyectura 13 partes y media.

CO-

COLUNA. (*figuras* 17 *y* 18.)

El escapo ó caña de la coluna, tiene de alto 12 módulos : su proyectura en el pie ó imo escapo A, es el módulo, que se dilata en la forma sobredicha para formar la pestaña.

R (*fig.* 18.) Es el sumo escapo ó vivo de la coluna de arriba, cuya proyectura es 9 partes y media.

Q Collarino de la coluna ó pestaña superior, con el tondino ó bocel, son estas 2 molduras parte de la coluna, y se incluyen en sus 12 módulos : la altura del collarino, es media parte, y la del tondino 1 parte : la proyectura de este es 11 partes, quedando algo mas adentro el collarino.

CHAPITEL. (*fig.* 18.)

O Friso del chapitel : su altura 4 partes : su proyectura igual á la del vivo de la coluna en el sumo escapo, que es 9 partes y media.

N Lista ó filete ; altura 1 parte ; proyectura 10 partes y media.

M Ovalo ó equino : altura 3 partes : proyectura 13 partes.

L Cimacio ó abaco : altura 3 partes ; proyectura 13 partes y media.

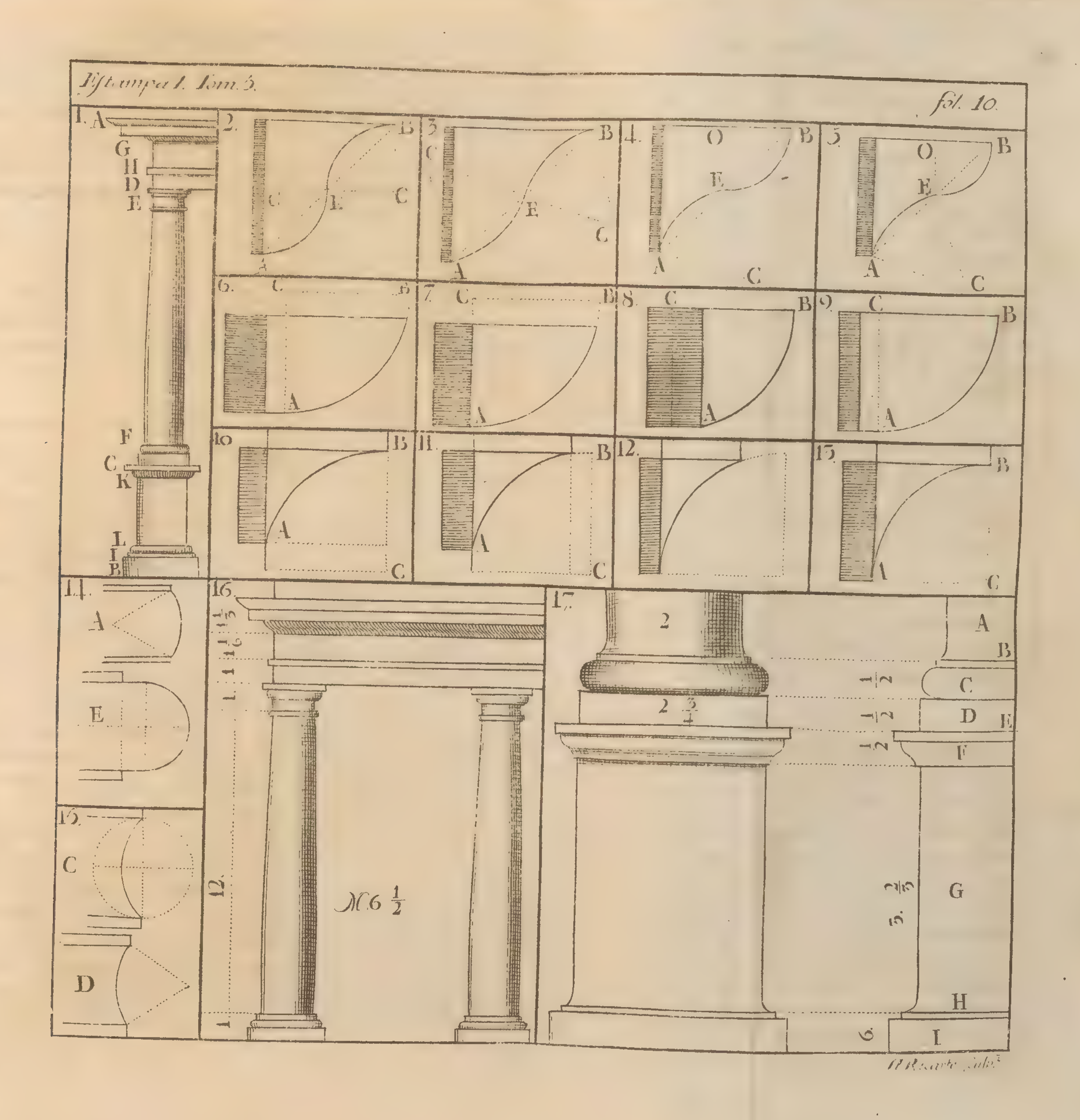
K Lista del cimacio ó abaco ; altura 1 parte : proyectura 14 partes y media.

ENTABLAMENTO. (*fig.* 18.)

En todos los órdenes de Arquitectura tiene el arquitrabe, que asienta sobre el chapitel de la coluna, la proyectura misma que tiene el sumo escapo ó vivo de dicha coluna, porque ha de corresponder precisamente á su circunferencia ; y la misma ha de tener siempre el friso : de suerte, que el sumo escapo del vivo de la coluna, el pie del arquitrabe y el friso, estén siempre en una misma línea recta perpendicular ; y de esta línea hácia fuera se contarán ahora las proyecturas de las molduras ó cortes siguientes.

I Arquitrabe ; altura 10 partes : proyectura, la misma que lo superior del vivo de la coluna.

H Lista del arquitrabe ; altura 2 partes ; proyectura 2 partes.


M.6 1/2
G
5. 2/3
H
I
6.
12.
A
B
C
D
E
F
I. Rozarte Sculp.

G Friso : altura 14 partes : proyectura , como el arquitrabe.
F Gola reversa : altura 4 partes : proyectura 4 partes.
E Listelo ó filete : altura media parte : proyectura media parte.
D Corona : altura 6 partes : proyectura 9 partes.
C Listelo ó filete : altura media parte : proyectura media parte.
B Tondino : altura 1 parte ; proyectura en medio media parte.
A Ovalo ó equino : altura 4 partes : proyectura contada de la del filete 4 partes.
Con que es toda la proyectura de la cornija 18 partes, ó módulo y medio.

PROP. VI. Problema.

Hallar la cantidad del módulo del órden Toscano.

O esta fábrica se hace con pedestales, ó sin ellos : si se ha de hacer sin pedestales , la altura que ha de tener el cuerpo de la Arquitectura se partirá por 17 y medio , y lo que saliere en el quociente será el módulo , al qual dividirémos en 12 partes iguales ; y este ha de servir para hacer la fábrica ; y el Artífice mandará fabricar y labrar las piedras con las dimensiones arriba dichas tomadas de este módulo.

Si la fábrica hubiere de tener pedestales , se partirá la altura de la fábrica por 22 y un sexto , y lo que viniere al quociente será el módulo que servirá para el edificio. Fúndase esto , en que la altura de un cuerpo de Arquitectura de este órden Toscano sin pedestales , tiene 17 módulos y medio ; y con pedestales 22 módulos , y una sexta parte de módulo , segun la *Prop.* 4.

Exemplos. Se ha de fabricar un cuerpo de Arquitectura de órden Toscano sin pedestales , y ha de subir hasta 90 palmos : parto 90 por 17 y medio , y hallo en el quociente constar el módulo de 5 palmos y 5 treinta y cinco avos de palmo , ó un séptimo. Y si ha de tener pedestales , parto 90 por 22 y un sexto , y el quociente dá el módulo de 4 palmos poco mas.

PROP.

PROP. VII. Teorema.

Explícase la disposicion de los colunarios.

Colunarios son unas series de colunas que forman ordinariamente los cláustros ó corredores : puédense hacer los colunarios en dos maneras, ó con arcos ó sin ellos. Si se hacen sin arcos, como en la *fig.* 16, las distancias de unas colunas á otras, llamadas *entrecolunios*, deben ser cortas, por hallarse pocas veces piedras grandes, y romperse estas fácilmente con su peso. El P. Milliet y Caramuel da al entrecolunio 4 módulos y 2 tercios, que es el tercio de la coluna con basa y chapitel; ó quando mucho 5 módulos. Vignola permite 6 módulos y medio, contados del exe de las colunas; pero como dixe, conviene atender á la magnitud y fortaleza de las piedras.

Quando los colunarios se hacen con arcos, cesa todo peligro; y así solo se atiende á que el claro del arco quede con buena proporcion : para lo qual se ha de advertir, que los colunarios que se hacen con arcos, pueden ser de varios modos; porque ordinariamente, ademas de las colunas, tienen *parástades*, que son los postes ó chambas sobre que cargan inmediatamente los arcos: muchas veces no llevan parástades, sí que los pies de los arcos asientan sobre el chapitel de la coluna; y en entrambos casos, ó tienen pedestales las colunas, ó carecen de ellos, como se representa en las *figuras* 19 *y* 20, y en todos estos casos ha de ser la altura del claro, ó luz del arco dupla de su latitud; con que será fácil determinar los módulos que le tocan, tanto en lo alto como en lo ancho, en la forma siguiente.

1 Si el colunario se ha de hacer sin parástades ni pedestales, se sacará el tercio de la coluna con basa y chapitel, y este será el semidiámetro del arco : añádase á la altura de la coluna con basa y chapitel, y esto será la altura del claro del arco, y su mitad será el entrecolunio ó lo ancho de dicho claro : y pues en este órden Toscano la coluna con basa y chapitel consta de 14 módulos, su tercio

cio, que es 4 módulos y 2 tercios, será el semidiámetro del arco: la suma de entrambas cantidades, que es 18 módulos y 2 tercios, es la altura del claro del arco; y su mitad 9 módulos y 1 tercio, es lo ancho de dicho claro, ú distancia de una coluna á la otra. La *imposta*, que es el ornato que guarnece el arco, tiene 1 módulo; sobre esta carga el entablamento, que como dixe consta de 3 módulos y medio; con que la altura de todo este cuerpo de Arquitectura será 23 módulos y 1 sexto, ó 2 partes, por quien se habrá de partir la altura de la obra para sacar la cantidad de su módulo.

2 Si en el mismo caso las colunas llevaren pedestales, que en este órden Toscano sucederá pocas veces, la tercera parte del pedestal y coluna será el semidiámetro del arco, que añadido á la coluna y pedestal dará la altura del claro, y su mitad será lo ancho que se contará de coluna á coluna. Constando pues la altura del pedestal y coluna en este órden de 18 módulos y 8 partes, es su tercio 6 módulos y casi 3 partes, y este será el semidiámetro del arco: añádase á la sobredicha altura y la suma 24 módulos y 11 partes, será la altura del claro; y su mitad 12 módulos y 10 partes, será el entrecolunio. La imposta del arco tiene 1 módulo; y el entablamento 3 módulos y 6 partes; con que será toda la altura de la obra 29 módulos y 5 partes, por quien se partirán los palmos ó pies de la altura para hallar la magnitud determinada del módulo.

3 Si la obra ademas de las colunas ha de tener parástades ó postes, pero sin pedestales, como en la *fig.* 19, se dispondrá de esta suerte. Las parástades tendrán de ancho 3 módulos, y ocupando 2 módulos la coluna, quedará á cada parte de ella medio módulo para poste ó chamba del claro; y porque en esta disposicion de obra carga el entablamento inmediatamente sobre la coluna y sobre la imposta que circuye el arco, se quitará de la altura de la coluna con basa y chapitel 1 módulo, y lo restante será la altura del claro, cuya mitad será su ancho; y la mitad de este el semidiámetro del arco: réstese de la altura del claro el semidiámetro, y se sabrá la altura de

los postes, incluyendo en ella el chapitel del poste, llamado tambien *imposta*, que ha de tener los mismos cortes y molduras que la imposta que corre todo el arco, y entrambas la misma proyectura ó volada, que ha de ser la quarta del módulo.

Es la altura de la coluna con basa y chapitel 14 módulos; quitado uno por la imposta que corre todo el arco, quedan 13 módulos, altura del claro: su mitad 6 módulos y medio es lo ancho, y 3 módulos y 3 partes el semidiámetro del arco, que restado de 13 módulos, restan 9 módulos y 9 partes, altura de los postes hasta los pies del arco; y 8 módulos y 9 partes hasta el chapitel ó imposta de los postes.

4 Si ha de tener la obra tambien pedestales como en la *fig.* 20, tendrán las parástades de ancho 4 módulos, dos para la coluna, y un módulo para cada poste ó chamba: la altura del pedestal y coluna con basa y chapitel es 18 módulos y 8 partes; quitado 1 módulo por lo que le toca á la imposta que circuye al arco, resta la altura del claro 17 módulos y 2 tercios, ú 8 partes, cuya mitad es lo ancho del mismo claro 8 módulos y 10 partes; y su mitad 4 módulos y 5 partes, son el semidiámetro del arco: la imposta ó chapitel de los postes consta tambien de 1 módulo, como la que circuye al arco, y entrambas tienen una misma proyectura y molduras, como dixe ántes.

CAPITULO III.

DEL ORDEN DORICO.

INventó este órden Dórico, segun la comun de los Autores, un Príncipe llamado Doro, que habitó en la Ciudad de Argos, y dió nombre á la Provincia llamada *Dórica*, de quien hace mencion Virgilio en el 2 de sus Eneidos.

Juvat ire, & Dorica castra.

Es-

Este dicen edificó el primer Templo de este órden á la mentida Diosa Juno; despues se edificáron otros muy célebres, entre ellos el de Júpiter en Olimpia; el de Apolo en Delos, y el de Minerva en Atenas. Estos edificios Dóricos son hermosos y fuertes, y así mas introducidos; porque el pasado por desaliñado y tosco carece de hermosura. La idea de la coluna de este órden es de un Soldado valeroso, que tiene de altura siete pies de los suyos; así la coluna tiene de alto siete diámetros de su pie, ó imo escapo.

PROP. VIII. Teorema.

Explícase la proporcion y simetría del órden Dórico.

Supongo lo primero, que así en este órden como en los demas el módulo es el semidiámetro del pie ó imo escapo de la coluna, que en este órden se supone dividido en 12 partes iguales.

Supongo lo segundo, que las colunas de este órden se hallan algunas veces sin basa ni pedestal; otras con basa, pero sin pedestal; y otras con ambas cosas. Hállanse sin basa ni pedestal en el Teatro de Marcelo, en las Termas de Diocleciano, en el Teatro Vicentino, y en el Arco triunfal Veronense; pero ahora siempre se fabrican con basa, y muchas veces tambien con pedestal. Esto supuesto,

En este órden Dórico el escapo ó caña de la coluna consta de 14 módulos; tambien se le pueden dar hasta 15 ó 16: el entablamento siempre ha de ser la quarta parte de la coluna con basa y chapitel; y si careciere de basa, será el entablamento la quarta parte de la coluna y chapitel. La basa, quando la tiene, que es lo regular, consta de 1 módulo, en quien se incluye un listeto ó regla en que remata el pie de la coluna; y aunque ha de ser siempre de la misma piedra que el escapo, pero faltando la basa, ha de omitirse tambien el sobredicho listeto.

El escapo de la coluna tiene, como dixe, 14 módulos, y el chapitel 1 módulo, que junto con los 14 hace 15: con que en este caso el entablamento tendrá 3 módulos y 3 quartos, que son 9 partes; pero teniendo la coluna tambien

su

su basa de un módulo, será la coluna, basa y chapitel 16 módulos, y le tocarán al entablamento 4 módulos. Y se ha de advertir, que si á la caña ó escapo de la coluna se le dan 15 ú 16 módulos, se ha de aumentar tambien el entablamento, por haber de ser en todo caso la quarta parte de la coluna con basa y chapitel; pero el aumento no ha de recaer en el arquitrabe ni en el friso, sí tan solamente en la cornija.

El pedestal, quando le tiene, que es muy freqüente, consta de 5 módulos y un tercio, que es la tercera parte de 16 módulos, de que consta la coluna con basa y chapitel. Estas medidas se reparten del modo siguiente. Véase la *fig.* 23.

Basa de la coluna un módulo.
Escapo, caña ó cuerpo de la coluna 14 módulos.
Chapitel un módulo.
Arquitrabe un módulo.
Friso un módulo y medio.
Cornija un módulo y medio.

Con que toda la altura de la fábrica de órden Dórico, careciendo de pedestal, consta de 20 módulos.

Si hubiere pedestal tendrá, como dixe, 5 módulos y 1 tercio, en esta forma. Su basa (*fig.* 21) tendrá 10 partes de módulo, 6 partes su cornija, y 4. módulos el neto ó estilobata, que todo hace los 5 módulos y 1 tercio sobredichos; con que tiene de alto toda la obra, habiendo pedestales, 25 módulos y 1 tercio.

PROP. IX. Teorema.

Declárase los cortes de piedras ó molduras que suelen exôrnar este órden Dórico, juntamente con sus proyecturas.

Las molduras ó cortes, que suelen adornar las fábricas de órden Dórico, se representan en las *fig.* 14 *y* 15, y las puede variar el Artífice á su gusto: sus alturas sumadas, hacen las que dixe en la Propos. antecedente; sus voladas en el pedestal y coluna se cuentan desde la línea que sirve de exe á la coluna, y pasa por medio del pe-

pedestal: exprésanse en partes de módulo, suponiéndole dividido en 12 partes, como ántes dixe.

PEDESTAL. (*fig.* 21.)

Plinto ó zócalo: altura 4 partes: proyectura 21 partes y media.
Liston: altura 2 partes y media: proyectura 21 partes.
Gola reversa: altura 2 partes: proyectura 20 y media.
Cordoncillo: altura 1 parte.
Listelo: altura media parte.
Neto del pedestal ó estilobata: altura 4 módulos: proyectura 17 partes.
Las proyecturas del cordoncillo y listelo se harán á buena proporcion.
La cornija del pedestal tiene 6 partes de altitud, y otras 6 de proyectura, fuera el neto del pedestal, en esta forma:
Gola reversa: altura 1 parte y media.
Corona: altura 2 partes y media: proyectura 21 partes.
Filete: altura media parte.
Ovalo ó equino: altura 1 parte.
Filete ó listelo: altura media parte: proyectura 23 partes.

BASA DE LA COLUNA. (*fig.* 21.)

Plinto: altura 6 partes: proyectura 17, como el firme del pedestal.
Cordon ó toro: altura 4 partes: proyectura 17, como el plinto.
Cordoncillo: altura 1 parte: proyectura, en el medio 15 partes, en el principio inferior 14 partes y media.
Listelo ó pestaña de la coluna: altura 1 parte: proyectura 14 partes.
En lugar de esta basa se puede poner en este órden la basa que llaman *ática* ó *aticurga*, que es mucho mas elegante: su descripcion se verá despues.

COLUNA. (*fig.* 21 *y* 22.)

La coluna de este órden Dórico ha de tener 14 módulos, sin contar el listelo del imo escapo, que pertenece al módulo de la basa, aunque es de la misma pieza y ma-

teria que la coluna : la proyectura de esta en el pie es el módulo que se dilata para formar el listelo. De aquí se levanta el vivo de la coluna hasta el sumo escapo (*fig.* 21.) donde termina su diminucion, y tiene de proyectura 10 partes. El modo de disminuir las colunas, y de formar quando se quisiere las estrías ó canelaturas, se dirá despues.

El sumo escapo se dilata hasta el listelo, que forma el collarino : su altura es media parte. Síguese el tondino ó cordoncillo, cuya altura es 1 parte, y su proyectura 1 módulo. Estas dos molduras son parte de la coluna, y se incluyen en sus 14 módulos.

CHAPITEL. (*fig.* 22.)

Friso del chapitel : altura 4 partes : proyectura 10 partes, igual al sumo escapo.

G Listetos ó anuletos : su altura es media parte cada uno.

H Ovalo ó equino : altura 2 partes y media.

F Cimacio ó abaco : altura 2 partes y media : proyectura 14 partes.

Síguese una gola reversa : su altura 1 parte.

Listelo del cimacio ó abaco : su altura media parte : proyectura 15 partes y media.

ENTABLAMENTO. (*fig.* 22.)

Las proyecturas de las molduras ó cortes del entablamento se cuentan desde la línea que termina y difine el vivo, el friso, arquitrabe y sumo escapo de la coluna, que como dixe en la *propos.* 5 es siempre una misma línea recta.

El arquitrabe tiene de altura 1 módulo; esto es, 10 partes en lo vivo, y 2 partes en el listelo ; y este tiene de proyectura otras 2 partes.

Síguese el friso, cuya altura es 1 módulo y medio: sus ornatos se explicarán despues.

La cornija consta de 1 módulo y medio en los cortes siguientes.

C Listelo : altura 2 partes.

Gola reversa : altura 2 partes.

Listelo : altura media parte.

B Dentellones : altura 3 partes : proyectura 5 partes.

Es-

Esgucio: altura media parte: proyectura 6 partes.
Corona: altura 4 partes: proyectura 18 partes y media.
Gola reversa: altura 1 parte y media.
Listelo ó filete: altura media parte.
Esgucio, ó en su lugar gola reversa: altura 3 partes.
Filete: altura 1 parte: proyectura 2 módulos, que es la de toda la cornija.

ORNATOS DEL ENTABLAMENTO. (*fig.* 21.)

En la cornija parecen muy bien los dentellones: tienen como dixe 3 partes de altura: su proyectura es 5 partes: su ancho 2 partes, y distan el uno del otro 1 parte.

En el friso se ponen los triglifos D, que representan los cabos de las bigas que asientan sobre el arquitrabe; y porque habiendo colunas descansarian sobre ellas las bigas, por esta causa el Artífice ha de poner los triglifos directamente sobre ellas; y así, con gran razon reprehende Vitruvio á los que les colocan en la misma extremidad del arquitrabe. Habiendo arcos, se colocarán tambien sobre ellos los triglifos á distancias competentes, llamadas *metopas*.

Tienen los triglifos de ancho 1 módulo: su altura es la misma que la del friso: resaltan sobre su firme una parte, ó poco mas: el listelo de la cornija sigue el resalte de los triglifos, formándoles un chapitel, y resaltando muy poco sobre ellos. Constan los triglifos de dos canales en medio, que forman un ángulo entrante, y dos medias canales á las orillas: los espacios entre las canales constan cada uno de dos partes, como tambien las canales, y cada media canal de una parte, que todas son 12, ó 1 módulo que es lo ancho del triglifo.

Los metopas ó espacios que dexan los triglifos, han de ser quadrados: con que siendo su altura la misma del friso, tendrán de ancho un módulo y medio, y vendrán con esto ajustados á los entrecolunios, sin que haya coluna á quien no corresponda su triglifo: entrando 4 de estos en el entrecolunio que carece de arcos; 5 quando tiene arcos sin pedestales; y 7 quando hay arcos y pedestales. El ornato que de medio relieve se ponia en los me-

metopas, siempre fué arbitrario y simbólico; y así los antiguos ponian en ellos muchas veces cabezas de toros ó ciervos descarnadas y platos, para significar los sacrificios que en sus Templos profanos ofrecian: otras veces esculpian aljabas, escudos y otras armas, en señal de los despojos de sus victorias: ahora se podrán colocar en nuestros Templos algunos símbolos para mayor gloria de Dios y honra de los Santos á que se dedican; como en los Palacios de los Príncipes algunas partes de sus armas.

Debaxo el listelo del arquitrabe, y en correspondencia de los triglifos se pone un filete muy delgado, y debaxo de este se colocan 6 gotas ó campanillas E, como pendientes de los triglifos: su altura junta con la del filete es dos partes ó poco mas, y su proyectura algo mas de una parte, y la misma tiene el filete.

En el plano horizontal de la corona se suelen tambien esculpir algunos ornatos de medio relieve: y lo mas importante es, que si la obra ha de estar expuesta á las lluvias, tenga la corona una canal cabada en dicho plano, para que la agua no pase de allí al friso ni arquitrabe, y se conserve la fábrica con mayor integridad y limpieza; y lo mismo se hará en los demas órdenes.

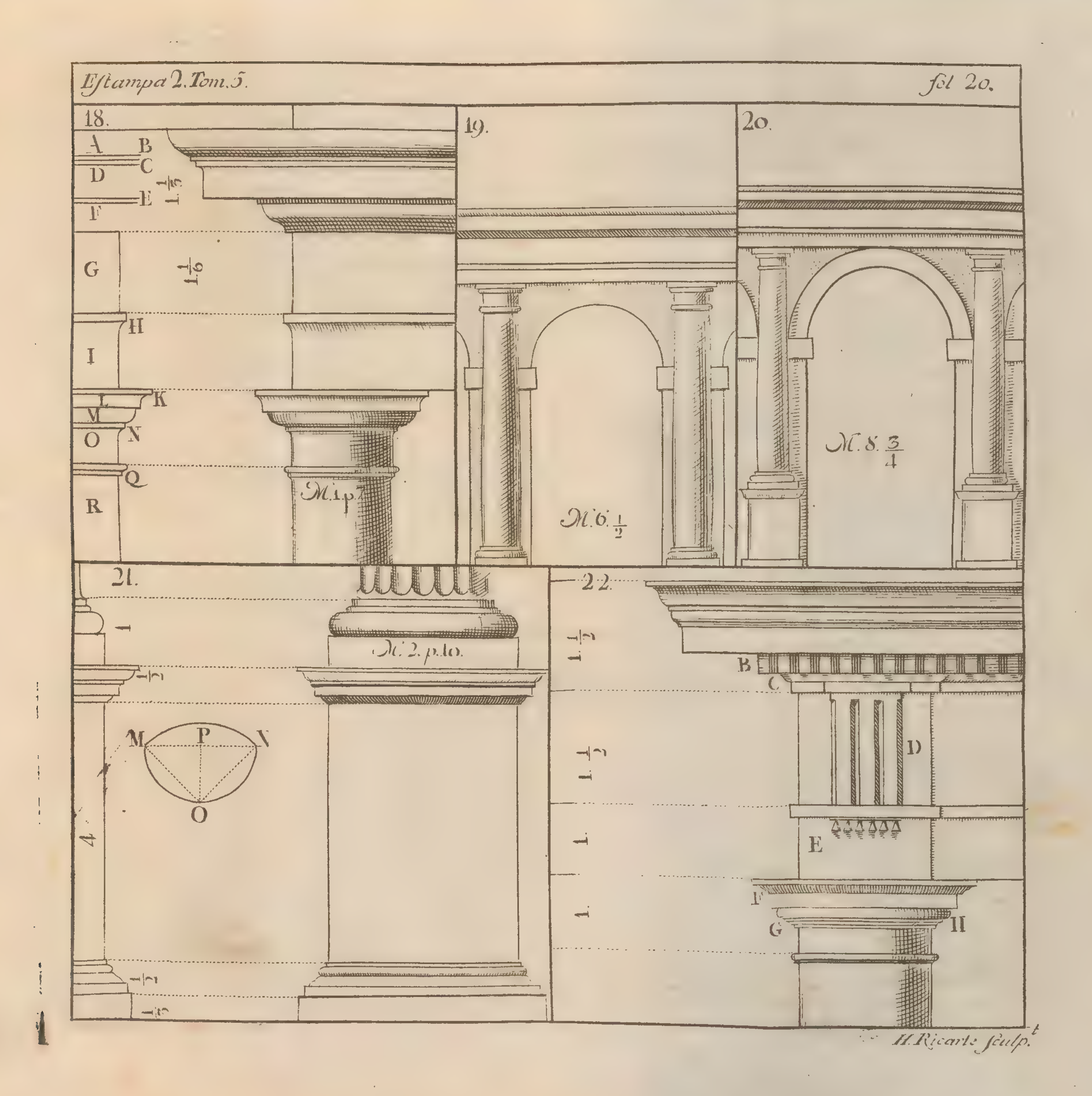
PROP. X. Problema.

Hallar la cantidad del módulo en este órden Dórico.

Si un cuerpo de Arquitectura de órden Dórico carece de pedestales, tiene de alto 20 módulos: pártase pues la altura de la obra por 20, y lo que viniere al quociente será la magnitud del módulo. Como si la obra ha de tener de alto 80 palmos, se partirán 80 por 20, y el quociente 4 palmos será la magnitud del módulo.

Si la obra tuviere pedestales, tiene de altura 25 módulos, y 1 tercio: pártase pues la altura que ha de tener la obra por 25 y medio, y el quociente será la magnitud del módulo. Como si la obra ha de subir 90 palmos, se partirán 90 por 25 y medio, y el quociente 3 palmos y medio, con poca diferencia, será la magnitud del módulo.

PROP.



H. Ricarte sculp.

PROP. XI. Teorema.

Explícase la disposicion de los colunarios en el órden Dórico.

1 Si el colunario no tuviere arcos, como en la *fig.* 23, será el entrecolunio 5 módulos y medio, segun Baroccio; y con esto será mas fácil hallar piedras de bastante magnitud para la seguridad del arquitrabe; y vendrán ajustados los metopas y triglifos, guardando en ellos la disposicion que dixe en la *propos.* 9; pero si el edificio, y por consiguiente el módulo, fuere muy grande, será menester, ó disminuir el entrecolunio, como advierte Vitruvio, ó asegurar el arquitrabe con varas de hierro, ú de otro modo.

2 Si constare el colunario de colunas y arcos, sin parástades ni pedestales, tendrá de alto el claro del arco 21 módulos y 1 tercio, y de ancho 10 módulos y 2 tercios, que es la mitad de la altura; y los pies de los arcos asentarán sobre los chapiteles de las colunas; las impostas que les guarnecen serán de 1 módulo; el entablamento correrá horizontalmente sobre los arcos, y dando 1 módulo á cada triglifo (que es lo que se debe observar en todo caso) se podrán poner 6 triglifos, que admitirán entre sí 5 metopas de ancho, cada una de 1 módulo, 6 partes y 2 quintos, y vendrá todo ajustado, poniendo un triglifo sobre cada coluna, lo que se ha de observar siempre, como arriba dixe.

3 Si en esta misma disposicion hubiere pedestales, tendrá el claro del arco en alto 29 módulos, y en ancho 14 módulos y medio. Podránse poner en el friso del entablamento 7 triglifos de coluna á coluna, dando un módulo cada uno, y comprehenderán 6 metopas, cada una de las quales tendrá de ancho 1 módulo y 3 quartos. Para hallar la cantidad del módulo en esta y la antecedente disposicion, se partirá la altura de la obra por el número de módulos que tiene dicha altura, como en otras partes queda dicho.

Si

4 Si á mas de las colunas ha de haber parástades ó postes, pero sin pedestales, se dispondrá de esta manera la fábrica. Las parástades tendrán de ancho 3 módulos: y como la coluna ocupe los dos, quedará á cada parte medio módulo para chamba ó poste del portal. Y porque en este caso descansa la trabeacion superior sobre las colunas, cuya altura es 16 módulos, tendrá la obra muy agradable vista, distando una coluna de otra la mitad de dicha elevacion, que son 8 módulos; y teniendo medio cada poste, tendrá el claro del arco 7 módulos de ancho: luego tendrá de alto 14 módulos, para que observe la proporcion dupla, quedando 2 módulos hasta el entablamento; medio para la imposta del arco; otro medio hasta el collarino de la coluna, que se puede continuar por toda la obra; y 1 módulo hasta el arquitrabe. La imposta del pie del arco ó chapitel de los postes, tendrá tambien de altura medio módulo ó algo mas, y sus cortes serán semejantes á los de la imposta del arco; y entrambas tendrán una misma volada, que son 4 partes. En el espacio de una á otra coluna inclusivamente se pondrán en el friso 5 triglifos de 1 módulo cada uno, y 4 metopas de 1 módulo y medio cada una; y con esto vendrá su distribucion justa.

5 Si en este género de colunarios ó corredores hubiere tambien pedestales, tendrán de ancho los pilares 5 módulos, los dos para la coluna, y los tres para los dos postes, que será cada uno de 1 módulo y medio. La altura de la coluna y pedestal es 21 módulo y 1 tercio; con que al claro del arco se le darán 20 módulos de alto, y de ancho de poste á poste 10 módulos: á las impostas se les dará 1 módulo de altura, y medio de proyectura, y quedará un tercio de módulo entre el arco y entablamento. La disposicion de las colunas, pilastras, retropilastras, &c. se dexa para mas adelante entre otras advertencias comunes á los cinco órdenes de Arquitectura.

CA-

CAPITULO IV.

DEL ORDEN JONICO.

TOma su denominacion este órden Jónico de la Provincia Jónia, donde se labráron primero sus colunas. Esta obra Jónica, aunque no es tan fuerte como la pasada, pero es mas hermosa, y tiene su simetría semejante á la figura de una Dama de gallarda disposicion. Sirve de módulo en este órden, como en los demas, el semidiámetro del imo escapo de su coluna, á quien supongo dividido en 18 partes iguales, como tambien en los órdenes que despues se siguen.

PROP. XII. Teorema.

Proporcion y simetría del órden Jónico.

El scapo ó cuerpo de la coluna, consta de 16 módulos y 1 tercio: la basa tiene 1 módulo: el chapitel 2 tercios de módulo; con que la coluna Jónica con basa y chapitel consta de 18 módulos. La trabeacion superior ó entablamento tiene 4 módulos y medio, que es la quarta parte de la coluna con basa y chapitel, en esta forma:

El alquitrabe 1 módulo y 1 quarto.
El friso 1 módulo y medio.
La cornija 1 módulo y 3 quartos.

El pedestal, quando le tiene este órden, consta de 6 módulos, que es el tercio de la coluna con basa y chapitel; esto es,

La basa del pedestal medio módulo.
La cornija del pedestal medio módulo.
El neto ó estilobata 5 módulos.

Los cortes y proyecturas se explicarán en la Proposicion siguiente. Consta de lo dicho, que la altura de un cuerpo de Arquitectura de órden Dórico, no habiendo pedestales, consta de 22 módulos y medio; y habiendo tambien pedestales, 28 módulos y medio.

PROP.

PROP. XIII. Problema.

Hallar la cantidad del módulo en este órden Jónico.

Pártase la altura de la obra por 22 partes y media, y lo que viniere á la particion, será la magnitud del módulo, si la obra no hubiere de tener pedestales; pero habiendo de tenerles, se partirá la sobredicha altura por 28 y medio; y lo que resultare de la particion, será el módulo que se desea. *Exemplo.* Un cuerpo de Arquitectura Jónica sin pedestales, ha de subir 60 palmos: pídese quán grande sea el módulo. Pártanse 60 por 22 y medio, y el quociente 2 palmos y 2 tercios, será el módulo de esta obra. Habiendo de haber pedestales, pártase la altura 60 palmos por 28 y medio, y el quociente 2 palmos y poco mas de un dedo, será el módulo que se busca.

PROP. XIV. Teorema.

Explícanse los cortes y proyecturas que suelen acompañar el pedestal, basa y coluna en las obras Jónicas. (*fig.* 24.)

Empiezo por el pedestal, cuyos cortes y principales proyecturas, contadas del medio del pedestal, son estas:

Zócalo ó plinto: su altura 4 partes: proyectura 33 partes.

Filete ó listelo: su altura media parte.

Gola directa: altura 3 partes.

Cordoncillo: altura 1 parte y media.

Los sobredichos cortes suman medio módulo, que es la altura de la basa: síguese la estilobata ó neto del pedestal, que como dixe tiene de altura 5 módulos, incluyendo en ellos los dos filetes inferior y superior, que tienen de altura cada uno 1 parte: la proyectura del neto son 25 partes. Síguese el chapitel del pedestal con los cortes siguientes, que juntos hacen medio módulo.

Cordoncillo: su altura 1 parte.

Ovalo ó equino: altura 3 partes.

Co-

Corona: su altura 3 partes: proyectura 33 partes.

Gola reversa: su altura 1 parte y media.

Filete ó listelo: altura media parte: proyectura 35 partes.

En la basa propia de este órden Jónico, se halla alguna variedad: algunos le dan la basa de dos cordones, que viene á ser la *aticurga*; pero esta por su hermosura, es comun á todas las colunas Griegas, y así dexo su descripcion para otro lugar. Vitruvio, á quien sigue Baroccio y Sebastiano Serlio, juzgan ser propia de este órden la basa, que consta de cordon sobre astrágalo, y esto juzga Caramuel ser lo mas verdadero; y advierte con mucha razon, que la basa que nos describe Baroccio, ofende á la vista por lo desproporcionado de sus cortes; porque el cordon ó toro, es sobrado grueso, y el astrágalo sobradamente delgado. La basa que describo en la *fig.* 24, es la de Baroccio, pero corregida, y es como se sigue.

Consta toda la basa (*fig.* 24.) de un módulo, sin incluir el listelo que forma la pestaña del pie de la coluna, á cuyos módulos pertenece en este órden y en los que se siguen. Los cortes son estos:

Plinto: altura 6 partes: proyectura 25 como el pedestal.

Escocia, incluyendo un filete inferior, y otro superior: su altura 3 partes y media: proyectura en el filete inferior 24 partes y media, y en el superior 22 partes.

Astrágalo compuesto de dos cordoncillos iguales: altura 1 parte y 1 tercio: proyectura 22 partes y media.

Escocia junta con el listelo inferior: altura 2 partes y 2 tercios: proyectura del listelo inferior 22 partes: en lo alto tiene la misma proyectura del listelo siguiente.

Listelo ó filete: altura 1 parte: proyectura 20 partes y media.

Toro ó cordon: altura 3 partes y media: proyectura en medio, ha de ser igual á la de los filetes del astrágalo.

La coluna de este órden Jónico, tiene como dixe, con basa y chapitel 18 módulos; y quitado 1 módulo que le toca á la basa, y 2 tercios del chapitel, quedan 16 módulos y 1 tercio para escapo ó caña de la coluna. El listelo inferior tiene de altura 1 parte y media: su proyectura es 20 partes: luego sube estrechándose hasta alcan-

zar

zar el módulo, que es 18 partes. El sumo escapo (*fig.* 25.) tiene de proyectura 15 partes: allí se dilata hasta formar un listelo, que es el collarino, y tiene de altura 1 parte: síguese un tondino ó bocel, que tiene de alto 2 partes, y de proyectura 18. Todo esto es parte de la coluna.

PROP. XV. Teorema.

Explícanse los cortes del chapitel de la coluna Jónica (*fig.* 25.)

La altura del chapitel, es 2 tercios de módulo; esto es, 12 partes: sus cortes son un equino, que suele adornarse con óvalos y agallones: su altura 5 partes: proyectura 22 partes. Síguese uno como friso, que viene á formar un esgucio: su altura es 3 partes: su proyectura en lo inferior, es la misma que la del vivo superior de la coluna: en lo superior la del listelo siguiente. Listelo: altura 1 parte: proyectura 17 partes. Gola reversa: altura 2 partes: proyectura 19 partes y media. Filete, cuya altura es 1 parte y su proyectura 20 partes.

El principal ornato de este chapitel, son dos volutas ó espiras que forma el mismo friso y filete sobredicho, como se vé en la *fig.* 26, revolviéndose en diminucion hasta fenecer en un pequeño círculo, llamado *Ojo* ó *Rosa* de la voluta. La altura vertical de la voluta es 16 partes: las 8 están sobre la rosa; á esta se le conceden 2 partes, y las 6 restantes caen hácia baxo. La latitud horizontal de las volutas, es 14 partes: las 7 á la parte que cae de la rosa á fuera: las 2 son de la rosa, y las 5 restantes caen hácia el medio de la coluna. Todo lo declara la *fig.* 26.

PROP. XVI. Problema.

Descripcion y formacion del chapitel Jónico. (*fig.* 26.)

La formacion del chapitel Jónico, solo tiene especial dificultad en la colocacion de la rosa de las volutas

tas

tas en su propio lugar, y en la delineacion de las vueltas con que estas se contornan. En quanto á la colocacion de la rosa hay alguna variedad entre los Autores. Jácome Baroccio de Vignola la dispone de esta suerte.

Hace el abaco de 40 partes en quadro; y por consiguiente su mitad AB de 20 partes: retírase 2 partes de A hasta C; y de este punto tira la perpendicular CD, llamada *cateto*, con que viene á pasar por el pie de la gola reversa del *cimacio*, y en esta línea ha de colocarse el centro de la rosa. La perpendicular CD ha de tener 19 partes de módulo; y sirviendo las 3 para el abaco y cimacio, como ántes dixe, quedan 16 para lo alto de la voluta; medida en que comunmente concuerdan los Autores: de estas 16 partes de la voluta, hay 8 desde arriba hasta la rosa: esta tiene de diámetro 2 partes, y las 6 que restan son para lo restante de la voluta debaxo la rosa.

Segun esta disposicion viene á caer el centro de la rosa en la misma línea que por arriba termina el borde superior de la coluna; porque teniendo el chapitel 12 partes, y tocándole 3 al abaco y cimacio sobre la voluta, quedan 9 hasta el borde de la coluna, las que ocupan justamente las 9 partes de la voluta que hay desde lo mas alto de ella hasta el centro de la rosa. Reprueba esta colocacion el Obispo Caramuel, pareciéndole saca Baroccio la rosa de su propio lugar, que debia ser el centro del círculo que forman el borde superior de la coluna, ajustando entrambos centros en correspondencia á un mismo punto. Aprueba la disposicion de Baroccio Cárlos César Osio: y aunque la materia es de poco momento, pero porque los Comentadores de Vitruvio, como son Daniel Bárbaro, electo Obispo de Aquileya, y Mons. Perraul, como tambien Sebastiano Serlio y otros, comunmente observan la disposicion que Caramuel pretende, explico tambien el modo de obrar segun dichos Autores, para que elija cada uno el que mejor le pareciere.

Sea pues (*fig.* 27.) el lado del abaco, que cubre al chapitel, de 38 partes de módulo: tómense 2 partes, y cuéntense de M hasta R; y del punto R se echará la per-

perpendicular RD, ó cateto, á quien se le dará de longitud la mitad del abaco, que son 19 partes de módulo, y esta será la altitud del chapitel juntamente con las volutas. De estas 19 partes le tocan 3 á RX, altura del cimacio y abaco, como queda dicho; con que restan para la XD altura de la voluta 16 partes (en la figura se expresan 8, que cada una vale 2 partes): contando pues 12 partes, ó 2 tercios de módulo de R á Z, viene el centro Z de la rosa á corresponder al centro del borde la coluna, quedando el chapitel RA de 11 partes. Desde Z con el radio ZA se hará la rosa; y luego se describirá la voluta por qualquiera de los modos siguientes: advirtiendo, que sí bien puede formarse la voluta de suerte, que todas sus vueltas estén en un mismo plano; pero será mucho mas hermosa, si fuere resaliendo de modo, que la segunda vuelta salga algo mas que la primera; y la tercera algo mas que la segunda; y la rosa aun algo mas que todas, como saben muy bien los Prácticos.

VOLUTA I.

Por semicírculos y dos centros. (fig. 27.)

Haciendo centro en A, extiéndase el compas hasta X, debaxo del abaco en lo mas alto de la zona ó cinta con que se ha de formar la voluta, y tírese un semicírculo desde X hasta D. Hágase despues centro en B, y con la distancia BD hágase otro semicírculo de D á C: vuélvase á hacer centro en A, y con el radio AC hágase otro semicírculo de C á E. Y últimamente, haciendo centro en B con el intervalo BE, se hará el último semicírculo, que tocará la rosa en el punto A.

Para describir la segunda línea de la voluta, que continúa el listelo por todas sus vueltas, por tener este en QM la quarta parte de la zona XC, se tomarán las distancias AP, BL, que sean cada una la quarta parte del radio de la rosa; y poniendo el pie firme del compas en la P, y el otro en Q, se describirá el semicírculo QN. Póngase despues el pie del compas en L, y el otro en N, y tírese el se-

semicírculo NO ; y haciendo otra vez centro en P, con la distancia PO, hágase el arco OV : de donde puesto el pie del compas en L, se tirará el semicírculo VA, que fenecerá en la rosa.

VOLUTA II.

Por semicírculos y seis centros. (*fig.* 28.)

Esta descripcion es de Sebastiano Serlio, y suelen usar de ellas los Arquitectos. El diámetro AB de la rosa de la voluta (píntase aparte en mayor círculo para mas claridad) divídase en 6 partes iguales en los puntos C, E, &c. luego sobre el centro A tírese el semicírculo AB; y sobre el centro B, el semicírculo BC; y sobre el centro D, el semicírculo DE; y sobre el centro E, el semicírculo EF : y últimamente sobre el centro F, el semicírculo FA, y quedará descrita la voluta exterior.

Para delinear la interior, parto por medio las distancias AC, CE, &c. y del punto que media entre A y C, hago el primer semicírculo de la voluta interior; y sobre el punto que media entre B y D, hago el segundo semicírculo de abaxo arriba; y sobre el punto puesto entre C y E, hago el tercero de arriba abaxo; y de entre D y F, el quarto de abaxo arriba; y de entre E y O, hago el quinto de arriba abaxo; y de entre F y O, el sexto de abaxo arriba, y queda hecha la voluta.

VOLUTA III.

Por quadrantes. (*fig.* 26.)

Esta descripcion es de Jacobo Baroccio, Andres Palladio y otros : es muy admitida, y procede del modo siguiente. El círculo de la rosa se divide en quatro partes iguales, como se vé aparte para mayor claridad : tíranse las quatro rectas de los términos de los diámetros, y queda hecho un quadro, en cuyos lados caerán quatro perpendiculares desde el centro. Cada una de estas per-

perpendiculares se dividirá en tres partes iguales, y se notarán con las letras, que se vén en la figura, sin alterar su órden, por depender de este la perfeccion de la operacion. Entre letra y letra queda una línea, que se ha de dividir en quatro partes, y en la primera se pondrá un punto, que servirá para delinear la voluta interior.

Hecho esto, sobre el centro A se delineará el primer quadrante: sobre el centro B el segundo: sobre C el tercero: sobre D el quarto: sobre E el quinto; y así se proseguirá hasta llegar al fin. Para delinear la voluta interior se pondrá el compas en el punto señalado entre A y E, y se hará desde allí el primer quadrante: del puesto entre B y F se hará el segundo: de entre C y G el tercero: y así de los demas, hasta llegar al fin de la obra. Otros modos de formar las volutas se pueden ver en el *trat.* 5 *de la Arquitectura* del Obispo Caramuel.

De estas volutas tiene quatro el chapitel Jónico, dos en la frente, y otras dos en el dorso: de cada una de la frente á su correspondiente en el dorso pasa un orejon llamado *barahuste*, con que forma el lado del chapitel: vístese de hojas, porque el chapitel Jónico no es de los mas garbosos de los que suelen ordenar las colunas; por esta causa Scamozzi y otros no forman las volutas en el mismo plano que hace frente ó dorso á las colunas, si que las vuelven casi á la diagonal, como se puede ver en las que fabricó Michael Angelo Bonarota, quien les añadió además de lo dicho un friso, como parte del chapitel, con un colgante, cuyos cabos salen de las rosas de las volutas: con esto tiene de alto de chapitel 30 partes de módulo con poca diferencia. Estos chapiteles adornan las colunas Jónicas del Capitolio en Roma: su figura puede ver el curioso en Caramuel, lámina XXXIX.

PROP.

PROP. XVII. Teorema.

Explícanse los cortes y proyecturas que suelen adornar la trabeacion superior de este órden Jónico. (fig. 25.)

Cuéntanse las proyecturas en el entablamento del vivo del friso y pie del arquitrabe, cuya proyectura es la misma que la del vivo de la coluna en lo superior de ella, como en otras partes dixe.

Vivo del arquitrabe: altura 4 partes y media.

Síguese una faxuela: su altura 6 partes.

Otra faxuela: su altura 7 partes y media.

Gola reversa: su altura 3 partes.

Listelo: su altura 1 parte y media, y su proyectura, que es la del arquitrabe, 5 partes: es pues la altura del arquitrabe 1 módulo y 1 quarto, que son 22 partes y media.

El friso tiene de altura 1 módulo y medio. La cornija suele tener los cortes siguientes, empezando de abaxo.

Gola reversa: su altura 4 partes y 1 filete de 1 parte: su proyectura 5 partes.

Dentellones: altura 6 partes: proyectura 8 partes y media. Cada dentellon tendrá 4 partes de latitud, y se dexará entre uno y otro un vacío de 2 partes.

Síguese un filete de media parte, y un cordoncillo de 1 parte, en que se suelen formar unos granos para mayor ornato.

Equino: su altura 4 partes: proyectura 13 partes. Suélese exôrnar con óvalos y agallones.

Corona: altura 6 partes: proyectura 23 partes.

Síguese una gola reversa: su altura 2 partes, y sobre ella un listelo de media parte.

Gola directa: altura 5 partes; y sobre ella el filete, cuya altura es 1 parte y media; y su proyectura, que es de toda la cornija, 31 partes.

PROP.

PROP. XVIII. Teorema.

Disposicion de los colunarios Jónicos.

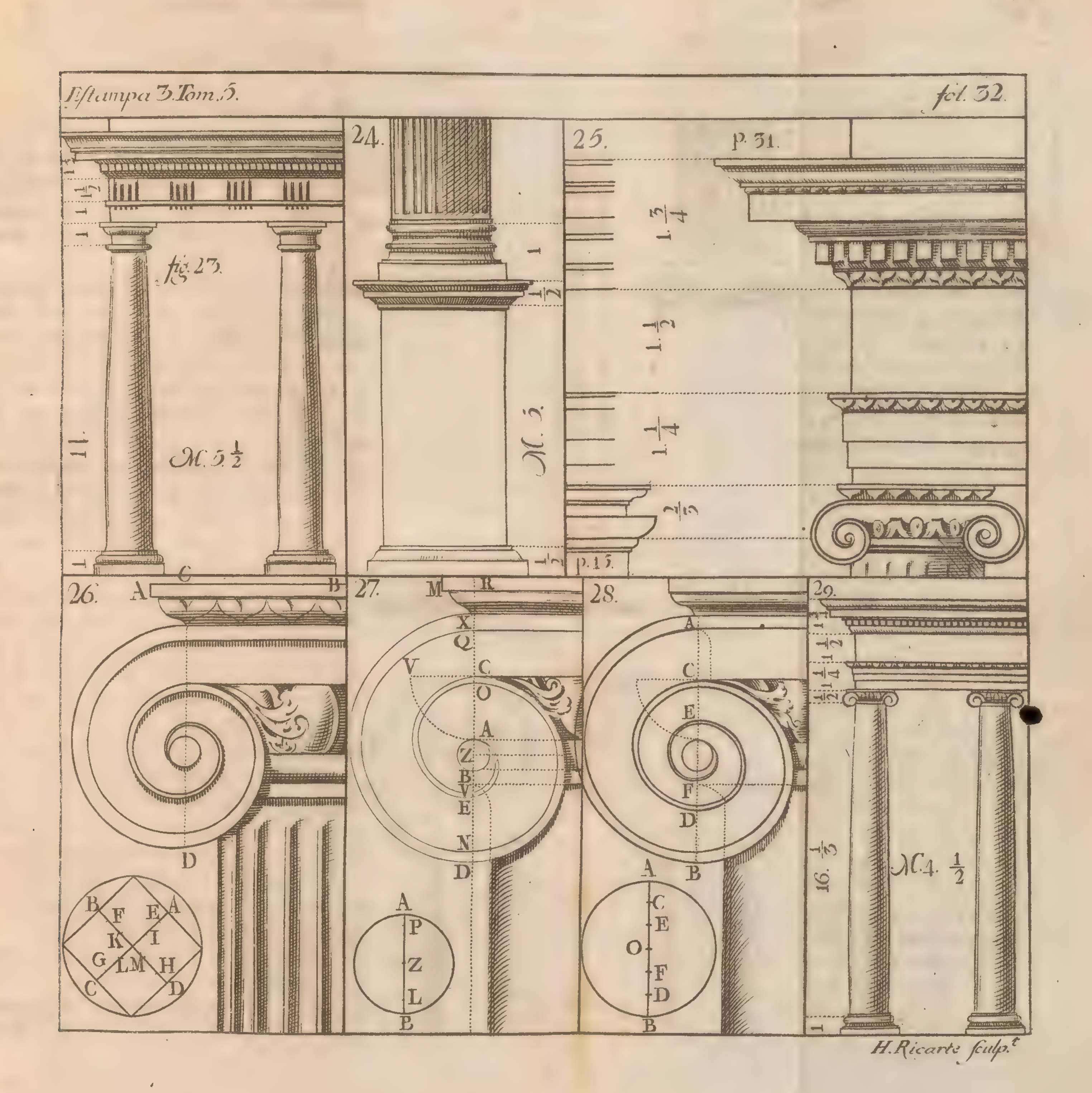
1 Si el colunario careciere de arcos, como en la *figura* 29, será el entrecolunio de superficie á superficie de coluna, de 4 módulos y medio, segun Baroccio, cuidando siempre de observar lo advertido en la *Propos.* 11 *núm.* 1.

2 Si constare el colunario de colunas y arcos sin parástades ni pedestales, será la altura del claro del arco 24 módulos, y lo ancho 12 módulos: en este caso descansan los pies de los arcos sobre los chapiteles de las colunas; la imposta que les guarnece, tendrá 1 módulo de altura, y 1 tercio de proyectura; y sobre ellas ha de asentar el entablamento.

3 Si en esta misma disposicion hubiere pedestales, será la altura del arco 32 módulos; y su ancho 16 módulos. En este caso y en el antecedente se hallará la cantidad del módulo, partiendo la altura de la obra por el número de módulos de que consta; y así, porque la altura en la antecedente disposicion, añadido el entablamento y la imposta es 29 módulos y medio, se partirá la altura de la obra por 29 y medio, y el quociente será la magnitud del módulo: por la misma razon se partirá dicha altura por 37 módulos y medio en el último caso en que hay pedestales, y se hallará el módulo.

4 Si en la obra Jónica á mas de las colunas hubiere de haber parástades ó postes, pero sin pedestales, será lo ancho de las parástades 3 módulos; y ocupando 2 módulos la coluna, resta á una y otra parte de ella medio módulo para poste. El claro del arco tendrá 8 módulos y medio: su altura 17 módulos. El chapitel de los postes tendrá de altura 1 módulo, y de proyectura 6 partes. La imposta que circuye al arco será medio módulo, para que ajuste con lo firme del poste; y del claro del arco hasta el entablamento quedará 1 módulo.

5 Si en esta disposicion de arcos concurrieren tambien



H. Ricarte sculp.t

bien pedestales, será lo ancho de los pilares 4 módulos, con que queda un módulo á cada lado de la coluna para poste: el chapitel ó imposta de los postes tiene tambien un módulo, lo mismo se le da á la imposta del arco: este tiene de claro 22 módulos de altura, y 11 de ancho: si á los 22 de la altura añadimos 1 módulo de la imposta, son 23, y siendo la altura de la coluna con basa y chapitel y del pedestal 24 módulos, queda 1 módulo entre la imposta y entablamento.

CAPITULO V.

DEL ORDEN CORINTIO.

EL órden Corintio tuvo su orígen en la Ciudad de Corinto, emporio antiguamente de toda la Grecia. Es sin controversia este órden el mas elegante de la Arquitectura, por juntar en sí la gracia y hermosura del Jónico con la magestad del Dórico: su simetría es como se sigue.

PROP. XIX. Teorema.

Simetría que se observa en el órden Corintio.

La coluna con basa y chapitel, tiene segun Baroccio 20 módulos, otros dan algo ménos. De dichos 20 módulos, tiene la basa 1 módulo; el cuerpo de la coluna ó escapo 16 y 2 tercios; y el chapitel 2 módulos y 1 tercio. El entablamento consta de 5 módulos, que es la quarta parte de la coluna con basa y chapitel, distribuidos en la forma siguiente. (*fig.* 30.)

El arquitrabe tiene 1 módulo y medio.

El friso tambien 1 módulo y medio.

La cornija 2 módulos.

El pedestal, quando le tiene, puede quedar con 6 módulos y 2 tercios de altura, que es la tercera parte de la coluna con basa y chapitel; pero será mejor se le den 7 módulos, de los quales tendrá la basa del pe-

destal 12 partes; el neto ó estilobata 5 módulos; y su cornija 14 partes de módulo: con esto tendrá el pedestal, sin la cornija y basamento, los dos quadrados, por tener de ancho 2 módulos y 14 partes.

De aquí se colige ser la altitud de un cuerpo de Arquitectura Corintia, quando carece de pedestales, 25 módulos; y quando tiene pedestales, 32 módulos.

PROP. XX. Problema.

Hallar la cantidad del módulo en este órden Corintio.

Si la obra no ha de llevar pedestales, pártase su altura por 25, y si les hubiere de llevar, pártase por 32, y en entrambos casos lo que viniere al quociente será la cantidad del módulo. Como si la obra tuviere de alto 60 palmos, partiendo 60 por 25 sale el módulo de 2 palmos, y cerca de 6 dedos; y partiendo 60 por 32 se halla ser 1 palmo, 13 dedos y 3 quartos; con que se sabe el módulo en entrambos casos.

PROP. XXI. Teorema.

Explícanse los ornatos y proyecturas, que acompañan regularmente al órden Corintio.

PEDESTAL. (*fig.* 31.)

Empezando por la basa del pedestal, son sus cortes los siguientes.

Zócalo: su altura 4 partes: su proyectura, contada desde lo firme del pedestal, es 8 partes.

Toro ó cordon: su altura 3 partes: su proyectura en medio sea igual á la del zócalo.

Listoncillo: altura 1 parte.

Gola directa: altura 3 partes.

Cordoncillo: su altura 1 parte, que todas son 12 partes; que, como dixe, le tocan á la basa del pedestal.

Sígnese el neto del pedestal, cuya altura es 5 módulos

los y 10 partes; y su latitud 50 partes, tiene una pestaña inferior, y otra superior, que rematan en unos listoncillos, cada uno de una parte, incluidos en la sobredicha altitud del neto.

Sobre la pestaña superior hay un cordoncillo, cuya altura es una parte, que juntamente con el listoncillo de la peaña, forma uno como arquitrabe para el friserolo del cornijoncillo del pedestal: su proyectura es 2 partes.

Friserolo: su altura 5 partes, y guarda el mismo firme del neto ó cuerpo del pedestal.

Síguese un listoncillo: su altura 1 parte.

Cordoncillo: su altura 1 parte.

Gola directa, que forma lo cabado de lo inferior de la corona: su altura, sin lo que entra en la corona, es 1 parte.

Corona: altura 3 partes: proyectura 6.

Gola reversa: altura 1 parte y media.

Listoncillo: altura media parte; y proyectura 8.

Toda la altura de la cornija del pedestal son 14 partes.

BASA (*fig.* 31.)

Plinto: su altura es 6 partes: su proyectura la misma que el firme del pedestal.

Cordon: altura 4 partes: proyectura la misma que el plinto.

Síguese un pequeño listoncillo, y una escocia: su altura 1 parte y media.

Síguese un astrágalo: su altura 2 partes repartidas en los dos filetes y dos cordoncillos que le componen.

Síguese otra escocia y un filete: su altura 1 parte y media.

Un cordon, cuya altura son 3 partes, y suman todas 1 módulo, que es la propia altura de la basa.

Esta basa es, segun Caramuel, la propia de este órden Corintio; porque

La basa Toscana tiene solo un bocel ó cordon.

La Dórica no tiene basa propia.

La Jónica un astrágalo debaxo de un cordon.

La Corintia un astrágalo entre dos cordones.

La Compuesta tiene comunmente, ó lo mismo que la Corintia, ó la basa aticurga, por hermosa y comun.

COLUNA Y CHAPITEL. (*fig.* 32.)

El escapo ó cuerpo de la coluna tiene de alto 16 módulos y 2 tercios, incluyendo el listelo de la pestaña del imo escapo, y el listelo y cordoncillo, que adornan el sumo escapo, que tienen de proyectura, contada del vivo del sumo escapo, 4 partes. El imo escapo tiene de latitud dos módulos; el sumo escapo 30 partes. El modo de disminuir las colunas se verá mas adelante.

El chapitel de este órden Corintio tiene de alto 2 módulos y 1 tercio con el abaco; pero sin el abaco tiene 2 módulos. Su adorno es un follage con dos órdenes de hojas, y unas flores y caulícolos, cuyas alturas por menudo se expresan en la *fig.* 32, y son las siguientes.

A y B juntas son el abaco del chapitel, tiene 6 partes en alto, que es el tercio del módulo. Consta de un equino, cuya altura es 2 partes; y su proyectura por la diagonal es 2 módulos, contados desde el exe de la coluna prolongado. Síguese un filete, cuya altura es 1 parte, y su proyectura 34, y luego un bocel de 3 partes de alto, y 32 y media de proyectura.

C Caulícolo: altura 8 partes.

D Hojas menores, que llegan á tocar al caulícolo, 4 partes.

E Hojas de en medio: su vuelta tiene 3 partes; distan de las inferiores 9 partes.

F Hojas inferiores: vuelta 3 partes; y distan sus cabos del tondino ó borde superior de la coluna 9 partes.

G Son las flores.

La salida ó proyectura de las hojas consta de la misma figura, donde se vé no han de exceder fuera de la recta, que baxa de la esquina del abaco al tondino. Consta tambien allí mismo, que la proyectura ó radio del labio superior del tímpano ó cuerpo del chapitel, es 21 partes.

La formacion del abaco es como se sigue. Hágase el quadrado, cuya mitad es KMN, y su diagonal sea 4 mó-

módulos, lo qual se hará fácilmente describiendo un círculo, cuyo radio sea 2 módulos, é inscribiendo en él un quadrado, y este será el del abaco: tírense en los 4 cabos de las diagonales unas líneas de 4 partes de módulo perpendiculares á las diagonales, y que sean divididas por estas en 2 partes iguales, y estas servirán para el corte del borde superior del abaco en las esquinas, y el corte por lo inferior tendrá una sola parte de módulo, como se vé en la *figura* 32. Hecho esto, para formar el hueco del abaco se hará sobre cada lado un triángulo equilátero KOM, y haciendo centro en O, con la distancia OM, se hará dicho abaco; y asimismo desde el centro O se extenderá el compas á cada uno de los cortes del cabo, y quedarán dichos cortes continuados por todo el abaco.

ENTABLAMENTO CORINTIO. (*fig*. 33.)

Asienta el entablamento de tal suerte sobre el chapitel de la coluna, que su vivo viene en línea recta sobre el vivo de la coluna en el sumo escapo, sin salir mas afuera ni quedarse mas adentro. La altura y el vuelo de sus cortes, contado desde el vivo del arquitrabe, es el siguiente.

Vivo del arquitrabe: altura 5 partes: proyectura igual al sumo escapo de la coluna.

Síguense unos granos: su altura 1 parte: proyectura media parte.

Síguese una faxuela: altura 6 partes: proyectura igual á la de los granos.

Gola reversa: altura 2 partes: proyectura 1 parte y media.

Otra faxuela: altura 7 partes: proyectura igual á la gola reversa.

Listelo: altura 1 parte: proyectura 2 partes.

Gola reversa: altura 4 partes y un listelo: su altura 1 parte; y su proyectura 5 partes, que es toda la proyectura del arquitrabe; y su total altura es 27 partes; esto es, 1 módulo y medio.

El friso tiene de altura 1 módulo y medio: su proyectura es igual al sumo escapo de la coluna: tiene en la par-

parte superior un filete de media parte, y un cordoncillo de una, y son parte del friso.

La cornija tiene inmediata al friso una gola reversa: su altura es 3 partes: proyectura del friso á fuera 5 partes.

Síguese un listoncillo de media parte.

Dentellones: altura 6 partes: proyectura 9. Tiene cada uno de ancho 4 partes, y distan entre sí 2 partes; lo demas consta de la *fig.* 33, aunque por ser pequeña no puede expresar las partes mas menudas.

Listoncillo: altura media parte, y un cordoncillo de 1 parte de altura: y proyectura 9 partes y media.

Síguese un equino, que se puede adornar con óvalos y agallones; y sobre el equino un listoncillo: al equino le tocan 4 partes de altura, y media al listoncillo: su proyectura 13 partes y media

Una faxa llana: su altura es 6 partes; de esta salen los modillones, que ademas de hermosear la obra, se supone sustentan la corona: estos se visten á gusto del Artífice; y se disponen de suerte, que corresponda un modillon al medio de las colunas: pueden tener de ancho 8 partes: su proyectura igual á la del plano inferior de la corona. Tambien ha de haber correspondencia de los óvalos del equino con los dentellones, segun se vé en la figura.

Corona, tiene de alto 6 partes y media: su plano vertical lleva 5 de las dichas partes; y las restantes 1 y media son para una gola reversa, que adorna el borde inferior de la corona: su proyectura es 31 partes hasta el plano vertical: los florones y otros ornatos del plano inferior de la corona son arbitrarios.

Gola reversa: altura 1 parte y media, y un filete encima de media parte: su proyectura 33 partes.

Ultimamente tiene una gola directa: su altura 5 partes, y sobre ella un liston de 1 parte: su proyectura es 38 partes ó 2 módulos y 2 partes: y es la altura de toda la cornija 2 módulos, como ántes dixe.

PROP.

PROP. XXII. Teorema.

Disposicion de los colunarios de este órden Corintio.

1 Si el colunario careciere de arcos, como en la *fig.* 30, será, segun Jacobo Baroccio y el P. Milliet, el entrecolunio de 4 módulos y 2 tercios, observando lo advertido en la *Propos.* 11.

2 Si constare el corredor ó colunario de arcos que se levanten inmediatamente de sobre las colunas, será la altura del claro del arco, no habiendo pedestales, 26 módulos y 2 tercios, y su ancho 13 módulos y 1 tercio: y añadiendo á la altura del claro 1 módulo, que ha de tener la imposta del arco, y 5 módulos del entablamento, será toda la altura de la obra 32 módulos y 2 tercios; y por este número se habrán de partir los pies ó palmos que ha de subir la obra para determinar la magnitud del módulo.

3 Si en esta misma disposicion hubiere tambien pedestales, será la altura del claro del arco 36 módulos, y su ancho 18 módulos, y añadido á la altura 1 módulo que tiene la imposta, y 5 módulos del entablamento, es toda la altura 42 módulos; con que para hallar determinadamente el módulo se habrá de partir la altura dada de la obra por 42.

4 Si en este órden Corintio ademas de las colunas hubiere tambien postes ó parástades, pero sin pedestales, será el claro del arco 18 módulos en alto, y 9 en ancho; y los pilares tendrán 3 módulos, y quedará medio módulo á cada parte de la coluna para postes. La imposta tendrá medio módulo, y quedará módulo y medio hasta el entablamento.

5 Si ha de haber tambien pedestales, tendrá el claro 25 módulos de altura, y 12 de ancho, pasando algo de los dos quadrados para mas hermosura. Las parástades ó pilares tendrán de ancho 4 módulos; y con esto tendrá 1 módulo cada poste al lado de las colunas. La imposta será de 1 módulo, y quedará hasta el entablamento otro módulo, por ser la coluna y pedestal de 27 módulos.

CA-

CAPITULO VI.

DEL ORDEN COMPUESTO.

ESte quinto órden de Arquitectura se llama *Compuesto*, por no ser otra cosa que una composicion de los órdenes Griegos, singularmente del Jónico y Corintio; y porque los Romanos fueron los que inventáron esta composicion, le dan algunos el nombre de *Italiano*. Participa mucho mas del Corintio que del Jónico; porque de este solo tiene las volutas en los lugares que tiene aquel los caulícolos, y unos óvalos y agallones en el equino debaxo del abaço: lo restante es casi todo el Corintio, siendo en ambos iguales las dimensiones de la coluna, basa, chapitel, entablamento y pedestal; con que solo el chapitel viene á ser el distintivo de estos órdenes.

PROP. XXIII. Teorema.

Explícase la simetría del órden Compuesto. (fig. 34, 35 y 36.)

La simetría de este órden, como dixe, es la misma que la del Corintio; y así no hay para que nos detengamos en su explicacion. La coluna con basa y chapitel consta de 20 módulos; uno de estos tiene la basa; y 2 y 1 tercio el chapitel; lo restante hasta 20 tiene la coluna. El entablamento consta de 5 módulos, de los quales tiene 1 y medio el arquitrabe, 1 y medio el friso, y 2 la cornija. El pedestal tiene 7 módulos de altura, y 50 partes de ancho: de los 7 módulos tocan á su basa 12 partes, y 14 á su entablamento, como se vé en las *fig.* 34, 35 *y* 36.

PROP.

PROP. XXIV. Problema.

Ornatos y proyecturas de que suele constar este órden Compuesto.

PEDESTAL. (*fig.* 34.)

La basa del pedestal tiene 1 zócalo de 4 partes de altura, y 8 de proyectura, contada del vivo del neto. Un cordon, altura 3 partes, proyectura igual á la del zócalo. Un listoncillo de 1 parte. Una gola reversa de 3 partes; y un filete de 1 parte. El neto del pedestal tiene lo mismo que el Corintio.

La cornija del pedestal tiene primeramente un cordoncillo de 1 parte, un friserolo de 5 partes, un bocel de 1 parte, un listoncillo de media parte, un equino de 1 parte y media. La corona 3 partes. Gola reversa 1 parte y media, y un filete de media parte; y es la proyectura de esta cornija 8 partes.

COLUNA. (*fig.* 34.)

La basa de la coluna en este órden es como en el Corintio, compuesta de un astrágalo entre dos toros ó cordones: el imo escapo de la coluna son 2 módulos: el sumo escapo 30 partes, como en la Corintia. El chapitel, como dixe, tiene con poca diferencia lo mismo que el Corintio, solo que en lugar de los caulícolos tiene volutas, que salen del tímpano ó cuerpo del chapitel, y cubren casi totalmente el cimacio: fórmase este con la misma arte que el Corintio. Todo lo qual se vé claramente en la *fig.* 35.

ENTABLAMENTO. (*fig.* 36.)

Vivo del arquitrabe 8 partes: proyectura igual al sumo escapo.

Gola reversa 2 partes.

Faxa: altura 10 partes: proyectura 2 partes, contada del vivo.

Un cordoncillo con granos: altura 1 parte.

Equi-

Equino grabado con óvalos y agallones: altura 3 partes: proyectura 5 partes.

Antequino ó esgucio: altura 2 partes, y un filete de 1 parte: proyectura 7 partes, que es la de todo el arquitrabe.

Friso: 1 módulo y medio: proyectura igual al vivo del arquitrabe: en la parte superior tiene un filete de media parte, y un cordoncillo de 1 parte con granos, incluidos en la misma altura del friso.

En la cornija ocurre primeramente un equino con óvalos: su altura 5 partes: y sobre el equino un listelo: su altura 1 parte: proyectura 8 partes desde el vivo del friso.

Dentellones: su altura 8 partes: proyectura 14: cada dentellon tiene de ancho 6 partes; y los vacíos 3 partes.

Gola reversa: altura 4 partes, y un filete de 1 parte: proyectura 18 partes.

Síguese la corona, cuya altura es 5 partes; y lo excabado de ella en el plano horizontal inferior forma una gola directa, que baxa mas abaxo de la corona 1 parte y media: proyectura de la corona es 28 partes.

Síguese un cordoncillo con granos: altura 1 parte.

Gola reversa: su altura 2 partes.

Listoncillo, 1 parte: proyectura 31 partes.

Gola directa: altura 5 partes; y sobre ella 1 filete de 1 parte y media: proyectura 36 partes ú 2 módulos, que es la que le toca á toda la cornija. Estas molduras y ornatos se pueden variar á gusto del Artífice.

Los colunarios, corredores y portales de este órden guardan las mismas dimensiones y disposicion de los Corintios; y así no se necesita de mas explicacion.

CA-

CAPITULO VII.

RESUELVENSE ALGUNOS PROBLEMAS PERtenecientes á los cinco órdenes de Arquitectura.

PROP. XXV. Problema.

Trazar la basa Aticurga. (fig. 35.)

LA basa Aticurga, como dixe, es muy hermosa, y suele colocarse acertadamente en los órdenes Dórico, Jónico, Corintio y Compuesto. Consta de una escocia entre dos toros ó cordones. Llámase *Atica* ó *Aticurga*, por hallarse primero labrada por los Atenienses. Trata de ella Vitruvio en el *lib.* 3 *cap.* 3; su fábrica es como se sigue (*fig.* 35.)

El plinto tiene de alto 6 partes de módulo, que supongo dividido en 18 partes. La proyectura del plinto es siempre igual al neto ó firme del pedestal: cuento aquí las proyecturas del listelo, que forma el remate del imo escapo ó pie de la coluna, como se vé en la figura.

Sobre el plinto hay un toro ó cordon: su altura es 4 partes y media: su proyectura igual á la del plinto.

Síguese un filete: altura media parte: proyectura 2 partes y 1 quarto.

Escocia: su altura 3 partes: su delineacion se dirá despues.

Otro filete: altura media parte: proyectura 1 parte y media.

Cordon segundo: su altura 3 partes y media: proyectura en el medio 2 partes y 1 quarto; con que es igual á la del filete inferior de la escocia: sobre este cordon asienta la coluna; y es la proyectura total de esta basa contada del remate de la coluna 5 partes. Fórmase la escocia del modo siguiente.

Del borde del filete superior de la escocia en la figura

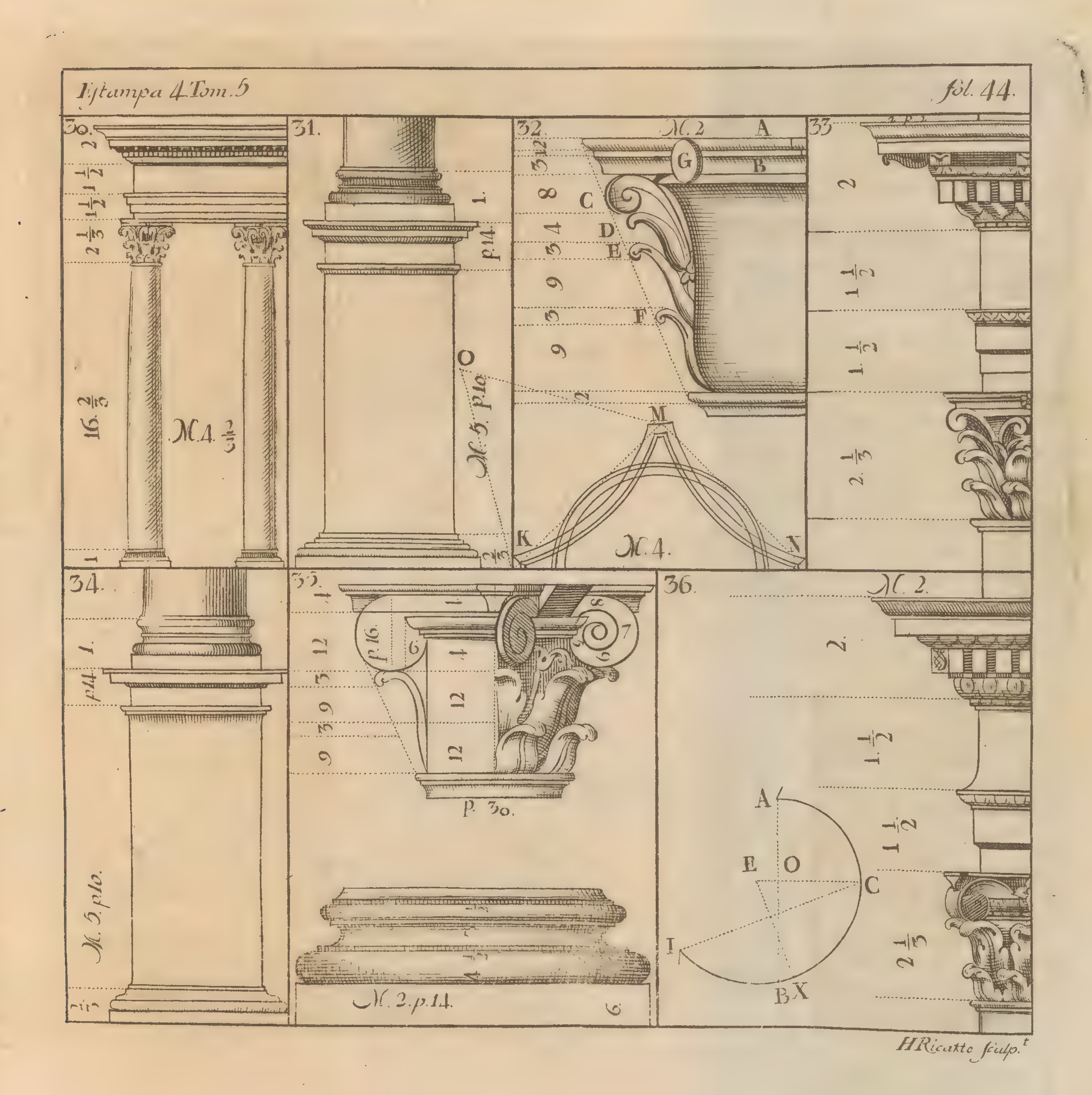
ra 36 tírese un perpendicular AB, en quien se tomará 1 parte y media de módulo hasta O; y con esta distancia se describirá un quadrante de círculo, terminado en la horizontal EC: tírese la CI á la extremidad del filete inferior: divídase esta por medio con la perpendicular XE, que cortará el radio CO, alargado en E; y con la distancia EC se hará el arco CBI, y quedará formada la escocia.

PROP. XXVI. Problema.

Explícase el modo de disminuir las colunas.

Es antiquísimo y constante estilo de todos los Arquitectos, que las colunas han de ir en diminucion, de suerte, que sean mas delgadas arriba, que en su pie ó imo escapo; pero no todos concuerdan en la cantidad de dicha diminucion: mas habiendo de ser esta muy poca, viene á ser casi nada la diferencia de sus sentires. Pedro Antonio Barca y Jacobo Baroccio juzgan ha de tener el diámetro superior con el inferior la razon de 5 á 6, que es ser menor aquel que este una 6 parte; si bien Baroccio se diferencia de Barca en la diminucion de la coluna Toscana, pues hace su diámetro superior de 1 módulo y 7 partes, ó 7 doceavos de módulo. Sebastiano Serlio las disminuye generalmente una quarta parte; con que el diámetro superior con el inferior tiene la razon de 3 á 4. Andrés Paladio, Guillelmo Filandro y otros, siguiendo á Vitruvio, quieren que no sea uniforme la diminucion de las colunas, si que siendo estas mas altas, se disminuyan ménos: reprueba esto el Obispo Caramuel, y le parece mejor tomar un medio entre lo que sienten Serlio y Baroccio: con que disminuyéndolas aquel una quarta parte, y este una sexta, las disminuye por una quinta. Juzgo no errará el Arquitecto, siguiendo á Baroccio ó á Caramuel.

Esta diminucion de las colunas ha de empezar siempre del primer tercio de ellas inmediato al imo escapo; y puede ser en dos maneras, ó disminuyéndose del sobredicho tercio hácia arriba solamente, que es lo mejor, ó dismi-



Estampa 4 Tom. 5
fol. 44
30.
31.
32.
33
34.
35.
36.
M.4. 2/3
16. 2/3
M.5. p.10.
p.14.
M.2
A
B
G
C
D
E
F
O
M
K
N
M.4.
M.2.p.14.
p. 30.
p.16.
M.2.
M.5. p.10.
A
E
O
C
I
BX
H Ricatto sculp.t

minuyéndose tambien hácia abaxo, de suerte, que sea menor el diámetro en el pie ó imo escapo, que en el sobredicho tercio; uno y otro modo se hallan puestos en execucion: y aunque Baroccio permite la primera diminucion en las colunas Toscanas y Dóricas, y la segunda en las Jónicas, Corintias y Compuestas, yo juzgo podrá el Arquitecto usar en todos los órdenes de la que mejor le pareciere. Explicaré el modo de trazarlas á entrambas.

Y empezando por el primero: digo, que los Autores señalan diferentes modos para hacer esta diminucion de las colunas, que podrá ver el curioso en el Obispo Caramuel, *tratado* 6. *de su Arquitect. artic.* 14. *sec.* 3. de los quales explicaré dos que juzgo ser los mejores: el primero es de Jacobo Baroccio, que siguiendo á Sebastiano Serlio, obra en la forma siguiente. (*fig.* 37.) Tírese la vertical QY, que es lo que tiene de alto la coluna. Divídase esta línea en 6 partes iguales, ó en mas, segun pareciere; pero por la pequeñez de la figura, los dos tercios de la XQ se han dividido en 3 partes solamente en los puntos T, S: por estos puntos tírense las transversales paralelas á la basa, y largas á discrecion. El diámetro mayor de la coluna es HE; este sube sin variacion alguna por todo el primer tercio hasta FZ: la transversal superior MA, es el diámetro menor, y así se cortará tanto menor que el de abaxo, quanto mandare la opinion que el Arquitecto sigue. De la extremidad M cayga la perpendicular Mp: luego del centro x con la distancia xZ descríbase el semicírculo FVZ, que cortará á la perpendicular Mp en p. Divídase el arco Fp en tantas partes, en quantas se dividió la línea xQ, que en nuestro exemplo son tres. De cada punto de este arco tírese una perpendicular, de suerte, que la primera ó mas apartada del centro llegue hasta la primera transversal; la segunda hasta la segunda, &c. que las cortarán en los puntos d, b, &c. Váyase deduciendo por estos puntos una línea curva, y quedará hecha la diminucion de la coluna por un lado, y se hará igual y semejante la del otro.

El segundo modo de disminuir las colunas es de Cárlos

Có-

César Osio, á quien sigue el P. Claudio Francisco Milliet de Chales, y otros muchos. Válese Osio para disminuir la coluna de una línea llamada *conquile*, cuya descripcion se entenderá con la misma práctica de disminuir la coluna, y es como se sigue. Sea en la *fig*. 37. la AM la altura ó cateto de la coluna. Divídase en 3 partes en los puntos H, E, póngase en PL todo el grueso de la coluna, que es 2 módulos; y porque en el primer tercio ME no ha de haber diminucion alguna, pónganse tambien en DG 2 módulos; y tiradas las DP, GL, quedará trazado el primer tercio.

Para trazar los otros dos se pondrá en NC, diámetro del sumo escapo, toda la diminucion de la coluna, que supongo sea 30 partes; y por consiguiente será AC 15 partes: alárguese la GD hácia F indefinidamente: tómese la distancia GE, que es 1 módulo, y puesto el pie del compas en C, hágase un corte B en el cateto; y tírese la CB, prolongándola hasta que corte la GF en F: desde este punto F por las divisiones i, f, m, &c. tírense rectas ocultas, y córtense las ia, fc, md, &c. iguales á BC; esto es, todas de 1 módulo precisamente: por estos puntos a, c, d, &c. se guiará con destreza la línea C, a, c, d, &c. y quedará delineada la diminucion de la coluna con la línea curva CIG, que es la celebrada conquile; la qual, como consta de su descripcion, jamas concurriria con la AE, aunque entrambas corriesen infinitamente, siendo así que quanto mas camina la FC, mas se va llegando á la EA. Esta diminucion se trasladará á la otra parte, y quedará concluida la operacion. Este juzgo ser el mejor modo de disminuir las colunas; y quantas mas fueren las divisiones de AE, mas precisa la descripcion de la CF.

Si se quisiere que la coluna salga aumentada en el tercio DG, se tomará la EG de suerte, que sea 1 módulo, 1 parte y 1 tercio; y esta distancia se pasará de C á B; y tirando la CB prolongada, se tendrá el punto F, y se obrará como ántes, determinando los puntos a, c, &c. hasta llegar á G: con esto quedará hecha la diminucion en los dos tercios superiores. Para hacer dicha diminucion

en

en el tercio inferior se contará 1 módulo justo de M á L; y tomando con el compas la misma EG de 1 módulo, 1 parte y 1 tercio, se hará centro en L, y se cortará el cateto en G; y tirando la LG, se prolongará hasta que corte la GD, que será en un punto O algo mas distante de E, que el punto F, y haciendo quatro divisiones iguales en la EM, se tirarán por ellas las reƈtas desde O, haciendo pasen de la EM en iguales segmentos á la EF, y quedará hecha la diminucion.

Comunmente los Autores tiran estas líneas del mismo punto F, que sirvió para las de arriba; pero de esa suerte es forzoso sea ML algo ménos que 1 módulo; porque supuesta la AC de 15 partes, (que es la menor diminucion que dan los Autores) y supuesta la CB de 1 módulo, 1 parte y 1 tercio, resulta el triángulo BEF, con cuya resolucion se halla la EF: asimismo, supuestas la ML de 1 módulo, y la GL de 1 módulo, 1 parte y 1 tercio, resolviendo el triángulo OEG, se hallará la EO mayor que la EF; y siendo proporcionales los triángulos OEG, MGL; y los lados ML, EO homólogos, si este se disminuyese, quedando en EF menor que EO, se disminuirá ML, quedando menor que 1 módulo.

El Obispo Caramuel en el lugar citado *sec.* 10 dice, que los semidiámetros QH, SG han de ser iguales; y que tanto ha de exceder el semidiámetro ED al SG, quanto BR es menor que HQ; y añade, *esta es doƈtrina cierta, y decir lo contrario es no entenderlo.* Segun el modo de disminuir por la conquile que acabo de explicar, es el semidiámetro QH sensiblemente igual á SG; pero el semidiámetro RB le faltan 3 partes para ser igual con QH; y DE excede al mismo QH en una sola parte y un tercio. Juzgo, que la doƈtrina de Caramuel no parecerá tan bien en la práƈtica como en la especulacion; porque siendo, segun dicho Autor, el semidiámetro AN un quinto ménos que HQ ó SG; y haciendo la DE de un quinto mas, que la misma HQ, será sobrado abultada la coluna en el tercio ED.

Finalmente, vuelvo á advertir, parecen mucho mejor

las

las colunas subiendo sus lados paralelos hasta el primer tercio DG, y quedando solamente la diminucion en los dos tercios superiores EB.

PROP. XXVIII. Problema.

Formar las estrías y canales de las colunas.

Suelen adornarse comunmente las colunas con canales y estrías, y á las que tienen este ornato llamamos *acanaladas ó estríadas*, quales son las que van dibuxadas en las *figuras* 21, 25 y 26. Este ornato es el que hace mas hermosas y magestuosas las colunas. Las *canales* se cavan en la misma coluna, y baxan de arriba abaxo, y los lomos que se levantan entre una y otra canal son las *estrías*. Admítense en todos los órdenes, ménos en el Toscano por su rusticidad.

Estas canales son partes de círculo; en las colunas Dóricas son quadrantes, y se unen sin dexar intervalo alguno entre sí, como se vé en la *fig.* 21. En los otros 3, Jónico, Corintio y Compuesto, lo cavado de las canales es semicírculo, y distan entre sí una tercera ó quarta parte del diámetro de la misma canal: el término de estas canales, tanto en su principio como en su fin es siempre semicírculo. En el número de las canales convienen los Arquitectos, porque comunmente ponen en la Dórica 20, y en todas las demas 24; de que se colige el modo de trazarlas, que es el siguiente.

Si la coluna fuere Dórica, se dividirá la periferia de su imo escapo en 20 partes iguales; y tirando una línea recta por toda la coluna que corresponda directamente al exe ó cateto, se dividirá la periferia del sumo escapo en otras 20 partes iguales, empezando la division del corte, que en esta periferia hiciere la sobredicha línea; y uniendo despues con líneas rectas los puntos señalados en el sumo escapo, con sus correspondientes en el imo escapo, se tendrá determinada la amplitud de todas las canales. Para formar el arco de su concavidad, se tomará lo ancho de una canal en el imo escapo, y se pondrá aparte; y sea

por

por exemplo la recta MN: (*fig.* 21.) esta se dividirá por medio con la perpendicular PO, y con el radio PN se hará un semicírculo; y puesto el pie del compas en el punto O de la periferia, con la distancia OM se hará un arco de círculo, que será quadrante, por ser el ángulo MON recto (31, 3. Euclid.) y esta será la concavidad de las canales en el imo escapo: lo mismo se hará en el sumo escapo, y se podrán cavar las canales con todo acierto.

Si las colunas fueren Jónicas, Corintias ó Compuestas, se dividirá la circunferencia del imo escapo en 24 partes iguales, y asimismo la del sumo escapo, empezando las divisiones de este de la línea recta, que ha de subir por toda la altura de la coluna, como ántes dixe. Una de estas distancias se dividirá en 4 ó 5 partes, y una de ellas servirá para la amplitud de la estría, y las 3 ó 4 restantes serán lo ancho de la canal, cuya concavidad, como dixe, ha de ser semicírculo.

Algunos Entalladores y Escultores suelen exôrnar el tercio inferior de las colunas con unas canales compuestas, que son las que tienen metidas dentro de sí otras contracanales convexâs algo menores, para que no queden del todo llenas, sino que se descubran las márgenes de las canales principales, con que en los dos tercios superiores están las canales abiertas, y en el de abaxo vienen á estar casi cerradas con las contracanales sobredichas, lo que hace muy buena vista. Otros disponen las estrías y canales en forma de rosca: todo lo qual se dexa al buen gusto y juicio del Artífice.

PROP. XXVIII. Problema.

Explícase la disposicion de las pilastras, y retropilastras.

Es muy ordinario en las fábricas, singularmente en los Templos y fachadas de sus puertas, poner pilastras en lugar de colunas, que son unos pilares paralelepípedos algo resaltados. Su imo escapo consta de 2 módulos: su altura tiene los mismos que tendria la coluna, segun el ór-

órden á que pertenece la fábrica: su basa y chapitel siguen en todo el mismo órden de Arquitectura á que pertenecen. Tienen algunas veces pedestales, con la simetría de que constan los que sustentan las colunas: regularmente carecen de ellos, y en su lugar tienen zócalos de proporcionada altitud á discrecion del Artífice: algunas veces se les da á las pilastras su diminucion en el sumo escapo como á las colunas; pero lo mas ordinario es tener lados paralelos: su resalte sobre el plano de los postes ha de ser por regla general tanto, que iguale á lo ménos con la proyectura ó vuelo de la imposta que está al pie del arco; porque seria cosa muy fea que esta resaltase mas que la pilastra: en conseqüencia de esto, será el resalte la sexta parte de lo ancho de la pilastra, ó tercio de un módulo.

Suélense tambien poner pilastras detras de las colunas, quando estas se ponen del todo separadas del plano de la fábrica, y avanzadas hácia fuera, y las llaman comunmente *retropilastras*, en las quales no hay cosa especial que advertir, por guardar en todo lo que arriba queda dicho.

PROP. XXIX. Problema.

Adviértense otras cosas pertenecientes á las fábricas en qualquiera de los cinco órdenes.

Explico en esta proposicion algunas cosas, que generalmente importa se observen en todos los órdenes de Arquitectura. 1. Las colunas se pueden poner de dos maneras en los edificios, ú del todo separadas de los paredones ó pilares, de suerte que estén enteramente avanzadas hácia fuera, ó parte metidas en los paredones ó pilares. Quando están del todo separadas, tienen regularmente retropilastras, y han de estar tan distantes de ellas, quanto piden los vuelos de los chapiteles de la retropilastra y coluna. Quando están parte metidas é incorporadas en los pilares, importa salgan hácia fuera un tercio de módulo mas de su mitad, ó los dos tercios de su diámetro, que todo es uno, y esto es para que las proyecturas de las impostas

no pasen del medio de las colunas, que seria cosa muy fea.
2 En las portadas ó corredores, que constan de pilastras ó colunas, podrá el entablamento seguir el plano del paredon ú del arco, y resaltar sobre el firme de cada pilastra ó coluna, lo que es necesario quando las colunas son volantes y del todo separadas; porque si en este caso pasase el entablamento seguido, seria sumamente dificultoso asegurar las piedras del arquitrabe; porque habrán de salir todas fuera del paredon, quanto es el avance de la coluna, y llevarian evidente riesgo de romperse con su propio peso, sino es que se asegurasen con buenas cartelas: por esta causa el arquitrabe y friso suelen asentar sobre el paredon, y resaltar sobre las colunas y pilastras.

Puede este resalte quedar solamente en el arquitrabe y friso, y correr la cornija seguida, lo que es muy freqüente quando hay pilastras en lugar de colunas, y en este caso el resalte del arquitrabe y friso queda contenido dentro de la proyectura de la corona sin llegar á igualar con ella, y se le añaden sus cartelas para seguridad y ornato. Quando el entablamento pasa seguido, se suele llamar *ajazenado*, y lo mismo la cornija. El resalte del arquitrabe y friso ha de ser igual al sumo escapo de la coluna, tanto en la frente como en los lados, de suerte, que venga á ser un paralelógramo, cuyos lados y frentes sean tangentes de un círculo igual al sumo escapo de la coluna.

PROP. XXX. Problema.

Explícase la proporcion y simetría que debe tener una fábrica compuesta de diferentes órdenes de Arquitectura.

He tratado hasta ahora de la disposicion y simetría que han de tener entre sí los cuerpos parciales que componen un cuerpo de Arquitectura, segun el órden á que se reduce; pero siendo muy ordinario en las fábricas, especialmente de frontispicios, cláustros y colunatas, concurrir dos ó mas cuerpos de Arquitectura, uno sobre otro, es forzoso explicar la disposicion y propor-

cion que deben observar para que haga buena y agradable vista el edificio. Todo esto se reduce á los puntos siguientes.

Búscase lo primero, si los cuerpos de Arquitectura, que sobrepuestos unos á otros componen una fábrica, han de pertenecer á un mismo órden ó á diferentes. Algunos son de parecer, han de ser todos de un mismo órden, como en el Panteon Romano, que son todos de órden Corintio. Fúndase, en que siendo de diferentes órdenes, tendrán unos mas ornatos que otros, por pedirlo así el órden á que se reducen, de que se sigue no poca diformidad en la obra; y tambien porque siendo diferentes, pide la buena Arquitectura se ponga debaxo el órden mas fuerte y robusto, y arriba el que no lo es tanto; y como este sea mas hermoso, y conste de mas ornatos y molduras mas sutiles, parece contra la razon natural poner mas cerca de la vista lo mas basto y grosero; y mas distante de ella lo mas delgado y primoroso, que con la distancia suele desaparecerse.

Pero no obstante estas razones, los Arquitectos, tanto antiguos como modernos, usan en una misma fábrica de diferentes órdenes con el agradable efecto que experimenta la vista, lo que juzgo ser bastante satisfaccion á las razones opuestas.

Supuesto ya se pueden sobreponer diferentes órdenes de Arquitectura en una misma fábrica, se busca lo segundo, con qué disposicion se han de ordenar, y qué simetría han de guardar los inferiores con los superiores. A esto respondo, que siempre los mas robustos y firmes han de tener el inferior lugar, componiendo el primer cuerpo; y que los superiores han de ser los ménos robustos, y dexando á parte el órden Toscano, por no tener lugar en fábricas primorosas, tendrá el primero é ínfimo lugar el Dórico; y sobre este se pondrá el Jónico; sobre el Jónico el Corintio; y últimamente el Compuesto: y porque regularmente solo suelen hallarse dos, ó á lo mas tres cuerpos en una fábrica; si el primero es Dórico, será el segundo Jónico; y si el primero fuese Jónico, el segundo será Corintio, &c. Y generalmente po-

podrá el Arquitecto disponerles á su arbitrio, miéntras no coloque los mas fuertes sobre los mas delicados, y cuidando del buen gusto, que es una de las principales condiciones que se desean en las obras.

Búscase lo tercero, qué proporcion ha de guardar el primer cuerpo en una fábrica con el segundo. Algunos quieren sea el segundo cuerpo dos tercios del primero; esto es, sea el primero con el segundo como 3 con 2. Otros juzgan ha de tener el segundo tres quintos del primero; esto es, sea el primero con el segundo como 5 con 3. Mi parecer es no poderse dar regla general; porque lo firme del pedestal del segundo cuerpo, ú del plinto de su coluna, ha de tener de ancho todo lo que dice el diámetro del sumo escapo de la coluna inferior sobre quien asienta; y determinada esta magnitud, queda juntamente determinada la cantidad del módulo del segundo cuerpo; y determinada esta, lo queda tambien la altura del segundo cuerpo, segun pide el órden de Arquitectura á que pertenece, de que no debe el Artífice quitar nada, aunque pueda añadir á la coluna uno ú otro módulo, segun se halla en algunas fábricas de Roma. Siendo pues diferentes los órdenes á que puede pertenecer el segundo cuerpo, no será una misma su altura; y por consiguiente, ni su proporcion con el cuerpo: ademas de que es libre en el Maestro fabricar el segundo cuerpo con pedestales ó sin ellos, como tambien el primero, lo que varía tambien las alturas y sus proporciones.

Supuesto pues que las partes del segundo cuerpo hayan de guardar entre sí la simetría que requieren; y siendo proporcionales las latitudes de los pedestales con las alturas de la fábrica en un mismo órden, se podrá sacar por regla de tres la altura que en qualquier órden ha de tener el segundo cuerpo, en la forma que se vé en el exemplo siguiente.

Quieren saber la altura que requiere un segundo cuerpo del órden Corintio con colunas y pedestales, que descansan sobre las del primer cuerpo, que es Jónico; esto es, quiero saber quántos módulos del primer cuerpo Jónico ha de tener el segundo, que es Corintio.

Ope-

Operacion. El diámetro del sumo escapo de la coluna Jónica son 30 partes de las de su módulo, y esto ha de ser lo ancho del pedestal Corintio del segundo cuerpo; pues para saber su altura digo: si 50 partes que pide de ancho el pedestal Corintio, se reducen á 30; luego 32 módulos que pide de altura el órden Corintio, se reducirán á 19 módulos y un quinto: y concluyo diciendo, que el segundo cuerpo que se pide, ha de tener de altura 19 módulos y un quinto de los que sirven en el cuerpo inferior, de suerte, que en la altura de 19 módulos y un quinto del cuerpo inferior, vendrán justos 32 módulos del cuerpo superior, tomados del imo escapo de su coluna.

En esta forma he computado las alturas de los segundos cuerpos de Arquitectura con pedestales y sin ellos, que van en la Tabla siguiente, juntamente con las propias alturas de los cuerpos inferiores, para que cotejando las unas alturas con las otras, se puedan saber sus proporciones. Juzgo ha de servir de gran beneficio á los Arquitectos, para trazar con acierto mas seguro; solo advierto no entra en estas alturas las del rebanco, que á mas de no ser parte del cuerpo de Arquitectura, puede ser mayor ó menor, segun la elevacion de la obra, y prudencia del Artífice.

TABLA I.

De la elevacion de los segundos cuerpos de Arquitectura que llevan colunas.

DORICO SOBRE TOSCANO.

1 *Cuerpo.*	Toscano sin pedestales.	17 módul. y med.
2 *Cuerpo.*	Dórico sin pedestales.	11 módul. y 3 diez y siete avos.
1 *Cuerpo.*	Toscano con pedestales.	22 mód. y 1 sexto.
2 *Cuerpo.*	Dórico con pedestales.	14 módul. y 8 cinqüenta y un avos.
1 *Cuerpo.*	Toscano sin pedestales.	17 módulos y med.
2 *Cuerpo.*	Dórico con pedestales.	14 mód. y 8 cinqüenta y un avos.

1 *Cuer-*

1 *Cuerpo.*	Toscano con pedestales.	22 mód. y 1 sexto.
2 *Cuerpo.*	Dórico sin pedestales.	11 mód. y 3 diez y siete avos.

JONICO SOBRE DORICO.

1 *Cuerpo.*	Dórico sin pedestales.	20 módulos.
2 *Cuerpo.*	Jónico sin pedestales.	13 mód. y medio.
1 *Cuerpo.*	Dórico con pedestales.	25 mód. y 1 tercio.
2 *Cuerpo.*	Jónico con pedestales.	17 módulos.
1 *Cuerpo.*	Dórico sin pedestales.	20 módulos.
2 *Cuerpo.*	Jónico con pedestales.	17 módulos.
1 *Cuerpo.*	Dórico con pedestales.	25 mód. y 1 tercio.
2 *Cuerpo.*	Jónico sin pedestales.	13 mód. y medio.

CORINTIO SOBRE JONICO.

1 *Cuerpo.*	Jónico sin pedestales.	22 mód. y medio.
2 *Cuerpo.*	Corintio sin pedestales.	15 módulos.
1 *Cuerpo.*	Jónico con pedestales.	28 mód. y medio.
2 *Cuerpo.*	Corintio con pedestales.	19 mód. y 1 quinto.
1 *Cuerpo.*	Jónico sin pedestales.	22 mód. y medio.
2 *Cuerpo.*	Corintio con pedestales.	19 mód. y 1 quint.
1 *Cuerpo.*	Jónico con pedestales.	28 mód. y medio.
2 *Cuerpo.*	Corintio sin pedestales.	15 módulos.

COMPUESTO SOBRE CORINTIO.

1 *Cuerpo.*	Corintio sin pedestales.	25 módulos.
2 *Cuerpo.*	Compuesto sin pedestales.	15 modulos.
1 *Cuerpo.*	Corintio con pedestales.	32 módulos.
2 *Cuerpo.*	Compuesto con pedestales.	19 mód. y 1 quint.
1 *Cuerpo.*	Corintio sin pedestales.	25 módulos.
2 *Cuerpo.*	Compuesto con pedestales.	19 mód. y 1 quint.
1 *Cuerpo.*	Corintio con pedestales.	32 módulos.
2 *Cuerpo.*	Compuesto sin pedestales.	15 módulos.

Si en lugar de colunas hubiese pilastras, cuyo sumo escapo muchas veces no tiene diminucion, se usará de la Tabla siguiente, que se fabrica con semejante artificio al que dixe arriba.

TA-

TABLA II.

De la elevacion de los segundos cuerpos de Arquitectura que llevan solamente pilastras.

DORICO SOBRE TOSCANO.

1 *Cuerpo.*	Toscano sin pedestales.	17 módulos y med.
2 *Cuerpo.*	Dórico sin pedestales.	14 mód. y 2 diez y siete avos.
1 *Cuerpo.*	Toscano con pedestales.	22 mód. y 1 sexto.
2 *Cuerpo.*	Dórico con pedestales.	17 mód. y 15 diez y siete avos.
1 *Cuerpo.*	Toscano sin pedestales.	17 mód. y medio.
2 *Cuerpo.*	Dórico con pedestales.	17 mód. y 15 diez y siete avos.
1 *Cuerpo.*	Toscano con pedestales.	22 mód. y 1 sexto.
2 *Cuerpo.*	Dórico sin pedestales.	14 mód. y 2 diez y siete avos.

JONICO SOBRE DORICO.

1 *Cuerpo.*	Dórico sin pedestales.	20 módulos.
2 *Cuerpo.*	Jónico sin pedestales.	16 módul. y 1 cinqüentavo.
1 *Cuerpo.*	Dórico con pedestales.	25 mód. y 1 tercio.
2 *Cuerpo.*	Jónico con pedestales.	20 mód. y 4 veinte y cinco avos.
1 *Cuerpo.*	Dórico sin pedestales.	20 módulos.
2 *Cuerpo.*	Jónico con pedestales.	20 mód. y 4 veinte y cinco avos.
1 *Cuerpo.*	Dórico con pedestales.	25 mód. y 1 tercio.
2 *Cuerpo.*	Jónico sin pedestales.	16 mód. y 1 cinqüentavo.

CORINTIO SOBRE JONICO.

1 *Cuerpo.*	Jónico sin pedestales.	22 mód. y medio.
2 *Cuerpo.*	Corintio sin pedestales.	18 módulos.
1 *Cuerpo.*	Jónico con pedestales.	28 mód. y medio.
2 *Cuerpo.*	Corintio con pedestales.	23 mód. y 1 veinte y cinco avo.

1 *Cuer-*

1 *Cuerpo.*	Jónico sin pedestales.	22 mód. y medio.
2 *Cuerpo.*	Corintio con pedestales.	23 mód. y 1 25 avo.
1 *Cuerpo.*	Jónico con pedestales.	28 módul. y medio.
2 *Cuerpo.*	Corintio sin pedestales.	18 módulos.

COMPUESTO SOBRE CORINTIO.

Tiene las mismas dimensiones que el Corintio puesto sobre el Jónico.

Advierto, que puede el Arquitecto dar uno ú otro módulo mas á las colunas sobre los que á cada órden se han señalado, lo que no disminuirá la hermosura y magestad de la obra.

PROP. XXXI. Teorema.

Disponer el remate y definicion de una fábrica en qualquiera de los cinco órdenes.

Quando la fábrica termina en línea horizontal, su remate es el entablamento mismo ó trabeacion superior, como es en los cláustros ó corredores: suélese solamente añadir en lo mas alto un antepecho ó balcon con balaustres, con lindo efecto; cuya altura ha de ser igual á la de los pedestales del órden que en aquel lugar se colocaria si fuere menester. Este mismo antepecho con balaustres se suele poner para mayor hermosura sobre lo firme del entablamento de qualquiera de los cuerpos de Arquitectura que compone la fábrica, haciéndole siempre de igual altura á la de los pedestales que en aquel mismo lugar asentaren.

Si la fábrica hubiere de tener otro remate ó definicion, como en las fachadas de puertas, y en otras semejantes, quedarán sus ornatos á gusto y disposicion del Maestro, que procurará darle la debida proporcion, segun lo que peritos Arquitectos han observado en este punto. Suelen ser estos remates ó triangulares ó circulares; aquellos representan las márgenes de los tejados, que por el declivio que tienen á entrambas partes, dan conveniente despedida al agua de las lluvias: los circulares expresan el borde de las bóvedas del edificio; por una y otra defini-

nicion ha de correr la cornija superior con los mismos ornatos y dimensiones que le tocan ; y no por eso debe esta interrumpirse, solo es costumbre omitir en el trozo que está baxo la definicion aquellos boceles ó cortes que están sobre la corona, como se puede observar en las mejores fábricas.

La altura del remate, tanto triangular como circular, no debe exceder la quarta parte de su basa, la qual viene á ser igual al entrecolunio y colunas que le corresponden debaxo. El mejor modo para determinar la altura de dicho remate, es el que trae Sebastiano Serlio en el sexto del quarto de su Arquitectura, en la forma siguiente: (*fig.* 39.) Sea VD la línea que se ha de coronar, ó ha de servir como de basa para el remate: divídase por medio en E con la perpendicular BEC, córtese EC, igual á EV; y haciendo centro en C, con la distancia CV, hágase el arco VBD; y tírense las cuerdas VB, BD; y el arco será el que ha de servir para el remate circular, y el triángulo VBD, para el triangular; y por estas líneas se guiará la cornija, como se ha dicho. El modo como esta cornija obliqua ha de seguirse de la recta, y unirse con ella, se dirá en la *Propos.* 10 del libro siguiente.

Suelen ordinariamente interrumpirse estos remates, así el circular como el triangular, para colocar en medio otro cuerpo mas alto, como una estátua, trofeo ú otro semejante: á estos remates suelen llamar *frontones*. Ultimamente, sobre los firmes de las colunas ó pilastras en lo mas alto, ha de descansar algun remate especial, como estátua, flámula ó jarro, en que venga á terminar aquel sólido: todo lo qual se dexa al buen gusto del Arquitecto.

CAPITULO VIII.

DE ALGUNOS OTROS ORDENES de Arquitectura.

A Mas de los cinco órdenes de Arquitectura que hemos explicado, hay algunos otros, como son el

Ati-

Atico, *Gótico*, *Mosayco*, *Atlántico* y *Paranínfico*; y aunque de estos algunos no están ya en uso, y otros se vienen á reducir á los cinco ordinarios, les explicaré con mi acostumbrada brevedad.

PROP. XXXII. Teorema.

Explícase el órden Atico.

El órden Atico ú de Acaya, cuya principal Ciudad es la de Atenas, consta de colunas quadradas, y tiene su propia basa llamada *aticurga*, cuya formacion expliqué en la *Prop.* 25, solo que es quadrada como la coluna: los chapiteles son tambien quadrados y muy semejantes á los Corintios, lo que fué bastante causa para que algunos no distinguieran este órden Atico del Corintio. Sus dimensiones y simetría es la misma que en el Corintio; y aun se les pueden dar á las colunas Aticas los chapiteles y simetría de otro qualquiera órden. Pónense convenientemente estas colunas en los ángulos de los cláustros.

PROP. XXXIII. Teorema.

Explícase el órden Gótico.

Es la Arquitectura Gótica mas para el entendimiento que para la vista; y habiendo de servir la Arquitectura mas á la vista que al entendimiento, no extraño se haya puesto en olvido el uso de la Gótica. Introduxéronla en Europa los Godos, y es verdaderamente curiosa é ingeniosa; pero dificultosa si se ha de labrar bien. Supone que unas colunas son redondas, otras quadradas, ú de otras figuras regulares, y que en parte se hayan penetrado entre sí, de donde necesariamente resulta, que se descubran unos pedazos de ellas, y otros queden ocultos: con que una coluna Gótica viene á ser un agregado de muchas y diferentes colunas con tal arte, que en llegando á la altura competente, segun la idea del Artífice, forma cada una su chapitel, descubriéndose el mástil de unas,

don-

donde otras tienen sus chapiteles; y repartiéndose despues en diferentes arcos y aristas, que cruzan por las bóvedas, divierten los ojos con una proporcionada variedad.

A esto viene á reducirse la Arquitectura Gótica, que si se ha de executar bien, requiere mucho ingenio, y no menor habilidad y cuidado; y despues de bien executada y trabajada, no es hermosa; porque no siempre lo que parece mejor al ingenio, es mas apacible al sentido. Hállanse muchas Iglesias antiguas, que pertenecen á este órden Gótico, como son la Patriarcal de Sevilla, la Catedral de Salamanca, la Metropolitana de Valencia, la de Milan y otras. Sus arcos suelen ser apuntados ó trespuntados, como en su lugar veremos.

PROP. XXXIV. Teorema.

Explícase el órden Mosayco.

El órden llamado *Mosayco* solo tiene especial las colunas, que son las que suben en forma de llamas, y van haciendo ondas, revolviéndose á manera de espira, por lo qual el P. Milliet las llama flexûosas. No conocieron este género de colunas los Griegos y Romanos antiguos: sus inventores fuéron sin duda los Judíos, y por eso se llaman *Mosaycas* ó *Salomónicas*, tomando el nombre del Legislador Moysés, y del Sábio Rey Salomon. No conviene se use de ellas en corredores ó en fábricas que hayan de sustentar peso, por ser de poca firmeza; pero su fábrica es ingeniosa, y bien labradas parecen bien á la vista: puédense trazar y formar de qualquiera de los modos siguientes.

Modo 1. Tírese la recta FH, (*fig*. 37.) que será el exe de la coluna algo prolongado á discrecion: sea GI igual al diámetro del imo escapo. Tómese con el compas la tercera parte del semidiámetro, y con esa distancia fórmese el semicírculo pequeño, que se dividirá en 4 partes iguales, y por ellas tírense 4 paralelas al exe de la coluna. Téngase á parte descrita la coluna AM de igual longitud y latitud que la flexûosa: divídase su longitud AM en 48 partes iguales: en la figura solo se ha dividido

en

en 24 partes; tírense por ellas las transversales paralelas al diámetro del imo escapo. Tómense con el compas los semidiámetros de la coluna llana, y váyanse pasando á la flexûosa con este órden: el primer semidiámetro póngase á una y otra parte de la línea 3, que es la de en medio: el segundo á una y otra parte de la línea 4: el tercero de la línea 5; y continuando en esta forma, quedará descrita la coluna.

De que se infiere, que la coluna espiral tiene en qualquiera parte sobresalientes sus vueltas, mas que la coluna llana de igual basa y altura, la tercera parte de su semidiámetro; y por consiguente, para hacerla de piedra ó madera, se ha de escoger un estípite, que tenga un tercio mas de semidiámetro que la coluna acostumbrada; y se han de cavar las espiras hasta dos quintas del semidiámetro aumentado, dándoles la figura circular que requieren. Con esto quedará bien formada, y disminuida la coluna; pero cuídese de observar lo siguiente. 1 Conste la coluna por lo ménos de seis vueltas. 2. Si se erigiere una coluna sola, las vueltas pueden ser hácia donde quisieres; pero si se erigieren dos, como se suele hacer en un Altar, es yerro manifiesto el echar las vueltas hácia un mismo lado; y así es cierto han de ir encontradas. Si las colunas fueren quatro, dos á cada parte, las de un lado han de torcerse de un mismo modo, y las otras dos al contrario. Estas colunas se pueden acomodar en qualquiera de los cinco órdenes, dándoles las basas y chapiteles propios de aquel órden.

Modo 2. (*fig.* 38.) Fórmese la coluna lisa con líneas ocultas: (26.) tírese la AO perpendicular al exe, é igual á la altura AB de la coluna: tírese la OB, y del centro O hágase el arco AP, que se dividirá en 12 partes iguales: por los puntos de la division se tirarán del centro O líneas rectas hasta que corten la coluna lisa: por los puntos de las intersecciones tírense paralelas á la basa; y con las distancias de una paralela á otra se formarán triángulos equiláteros, cuyos lados servirán de radios para formar los arcos y las espiras de la coluna, como demuestra la coluna 1. Este modo, y el siguiente son del P. Andrea Pozzo.

Mo-

Modo 3. Formada como ántes la coluna lisa, se tomará la xc igual al tercio de la coluna, alargando hasta C el diámetro del imo escapo. Tómese con el compas el intervalo DC, y de los puntos D y C, hágase con dicha abertura la interseccion E; y con la misma abertura descríbase desde E, como centro, el arco DC, que se dividirá en 12 partes iguales: tírense de estos puntos las paralelas á la basa. Divídanse los espacios comprehendidos entre las paralelas en 4 partes iguales; y tomando tres de ellas con el compas, se formarán los triángulos Isoceles, cuyos vértices serán los centros para describir los arcos de las espiras, como se vé en la coluna 2.

PROP. XXXV. Teorema.

Explícanse los órdenes Atlánticos y Paranínficos.

No son estos órdenes propiamente distintos de los cinco ordinarios, pues solo se diferencian de ellos, en que en lugar de colunas usan de estátuas de hombres que llaman *Atlantes* y *Telamones*, que sobre sus hombros ó cabeza sustentan los arquitrabes de las obras; ó de estátuas de mugeres, que llaman *Ninfas*. Imitan los órdenes de Arquitectura en sus colunas á la estatura humana en sus medidas, como en otra parte dixe; y así en lugar de colunas pusieron muchos las estátuas que representan. En el órden Toscano y Dórico pusieron Telamones y Atlantes; y en el Jónico, Corintio y Compuesto usaron de estátuas de Ninfas, á quienes imitan.

CA-

CAPITULO IX.

ADVIERTENSE LAS CONDICIONES QUE SE han de observar en las fábricas para su hermosura y firmeza.

PROP. XXXVI. Problema.

Explícase la simetría que han de tener los Templos y piezas de las Casas y Palacios.

PAra que un Templo tenga magestad y hermosura, requiere una cierta simetría y proporcion de sus partes, que es lo principal á que debe atender el Arquitecto, excusando los follages y otros ornatos supérfluos; porque estos, cubriendo los cuerpos principales de la Arquitectura, quitan si no en todo, en gran parte su belleza: cuidará pues ajustar la planta y perfil á las proporciones siguientes.

Qualquiera Templo, tenga ó no crucero, ha de tener á lo ménos quatro quadros, ó quatro anchos de longitud; y si tuviere crucero, se le darán al cuerpo de la Iglesia dos quadros y medio; uno al cimborio y cúpula, y medio al presbiterio; pero yo soy de sentir, se le dé al presbiterio todo un quadro; lo que juzgo ser necesario si en él ha de haber Coro, y en este caso tendrá de largo todo el Templo quatro quadros y medio; y aun juzgo será mucho mejor se le den cinco quadros, tres hasta el crucero, uno para el cimborio, y otro al presbiterio. El crucero y capillas han de tener de profundidad la mitad de lo ancho de la nave; y si constare el Templo de diferentes naves, cada una de los lados ha de tener de ancho la mitad de la principal, que es la de en medio, y asimismo las capillas: puédese incluir en estas medidas la espesura de los postes ó paredes.

Los claros de los arcos que forman las capillas, pueden tener de alto dos anchos de los suyos ó algo ménos; pero jamas ha de ser menor la razon de lo alto,

á lo ancho, que la sesquiáltera; esto es, no ha de ser lo alto ménos que un ancho y medio: con que la imposta que sirve de chapitel á los postes ó chambas, puede colocarse á elevacion de un quadro; y con el medio punto ó semicírculo del arco, quedará todo el vacío con alto y ancho en razon sesquiáltera, ó puede darse al poste é imposta razon sesquiáltera con la amplitud del arco, y el medio punto de este perficionará la razon dupla, y esto es lo mejor; pero podrá quedar si pareciere la proporcion del claro dentro de estos límites. Podrá correr dicha imposta toda la capilla, y circuir todo el arco; pero adviértase, que jamas ha de volar tanto como la pilastra, por ser esta el cuerpo principal. Las puertas quadrangulares han de guardar tal razon entre su altura y amplitud, que jamas ha de exceder la dupla, ni ha de ser menor que la sesquiáltera. Para determinar su magnitud, se suele dar esta regla: si el Templo ó sala tiene de ancho de 20 á 24 pies, ha de tener de ancho la puerta una quinta parte de la sobredicha amplitud: si de 24 á 32, ha de tener el tercio; y si de 32 á 50, la quarta parte de lo ancho del Templo: con esto queda proporcionada la magnitud de la puerta con la del Templo ó pieza para quien sirve; y generalmente dice el Obispo Caramuel, será magestuosa la puerta de un Templo, por grande que sea, si tiene 12 pies de umbral, y 24 de alto.

En los palacios ó casas se formarán las piezas con la proporcion siguiente. Las alcobas se harán quadradas: las piezas de servicio tendrán de largo la diagonal del quadrado, y de ancho el largo del mismo quadrado. Las antesalas y piezas de recibimientos, tendrán proporcion sesquiáltera; esto es, sea su ancho dos tercios de su largo: las salas de estrados guardarán la razon de 7 á 4; y las que han de servir para saraos y banquetes tendrán su largo duplo de su ancho; y todas han de tener su quadro ó algo mas de altura. Las escaleras procederán como se acostumbra, con buenos repartimientos en ramos y descansos, disponiéndolas de suerte, que las gradas de cada ramo sean senares, lo que se ha de observar tambien

en

en las que sirven para subir á los Templos y Presbiterios; porque de esta suerte, empezando (como se debe) á subir con el pie diestro, será este tambien el que primero llegue al descanso, lo que no seria si las gradas fuesen pares; porque se pondria en el descanso el pie izquierdo ántes que el derecho, lo que parece mal. Véase lo que de las escaleras se advierte en el tratado siguiente, libro último, donde se explica el modo de fabricarlas.

PROP. XXXVII. Problema.

Danse algunas advertencias para la firmeza y seguridad de las obras.

1 Las paredes de una fábrica han de tener la crasicie competente segun su altura y el peso que han de sostener: en las casas, por la trabazon de los maderos que sirven de tirantes, pueden tener ménos crasicie. Débese tambien atender á la mayor ó menor firmeza de los materiales, por lo qual no es fácil dar regla general por la variedad de estos en diferentes Paises, si que se dexa á la prudencia de los prácticos y sabios Arquitectos. Quando el edificio lleva bóvedas, se ha de atender el género de bóvedas que sustentan; para dar mayor ó menor refuerzo á las paredes, como verémos en su lugar, donde determinarémos la cantidad de los estribos que requieren todas las especies de bóvedas y arcos.

2 El fondo de la zanja para los cimientos sea en los Templos la tercia parte de su ancho; y en las casas, la quarta parte; y esto, en caso que se haya hallado en dicha profundidad tierra firme; porque sino, será forzoso profundar mas hasta que se halle: á orilla del rio se ha de dar siempre mayor profundidad; y en todo caso puede ser mas ó ménos, segun la calidad del terreno. Los huecos de las puertas han de tener los cimientos macizos, pero no los de las capillas.

3 Las torres y campanarios han de tener los cimientos del todo macizos: sus paredes tendrán de grueso la quarta parte de su ancho, y de rodapié á la parte de fue-

fuera, la mitad del grueso de la pared, ó la décima parte de su ancho de la torre, que es poco ménos. Las zanjas tendrán de hondo la tercia parte de su ancho, hallándose tierra firme; pero no hallándose, se profundará mas hasta encontrarla. La altura de la torre ha de ser lo ménos quatro cuerpos ó anchos suyos hasta la corñija, y puede ser hasta cinco: como si una torre tiene 60 pies de ancho, profundará 20 pies: el grueso de las paredes será 15 pies; y la altura de la torre será 240. No excediendo la altura los quatro cuerpos, podrá todo su medio quedar hueco; pero si fuere mayor la altura, se macizará su primer tercio ó quarto. Lo demas se dexa á la discrecion de los Arquitectos.



LIBRO II.

DE LA ARQUITECTURA OBLIQÜA.

HAbiendo explicado en el libro antecedente la Arquitectura recta, se sigue el tratar en el presente de la obliqüa. Es la Arquitectura obliqüa la que enseña edificar fábricas obliqüas; y porque esta obliqüidad puede hallarse, ó en la planta ó en el perfil, ó en la contignacion y techo que cubre y cierra las obras, ó en todo esto junto, juzgo será conveniente tratar en este libro todo lo concerniente á la obliqüidad que interviniere, así en la planta, como en el perfil de las fábricas, dexando para el siguiente tratado lo que conduxere para la inteligencia de la obliqüidad que suele haber en los techos, que primorosamente cubren por arriba los edificios, en que comprehenderé la formacion artificiosa de todo género de arcos y bóvedas que enseña á fabricar el arte, que comunmente llamamos *montea*.

DE-

DEFINICIONES.

1 *Planta* ó *Icnografía recta*, se llama la que es paralelógrama y rectángula; esto es, que sus ángulos son rectos, y sus lados paralelos.

2 *Planta* ó *Icnografía obliqüa*, es la que no es paralelógrama rectángula, de suerte, que aunque sea paralelógrama, basta carecer de ángulos rectos para ser obliqüa.

3 La planta obliqüa puede ser, ó *rectilínea* ó *curvilínea*; la *rectilínea*, es la que se compone de líneas rectas; la *curvilínea*, de curvas, sean estas circulares ó elípticas, ú otras semejantes.

4 *Perfil recto*, es el que se erige sobre planos horizontales, y se termina en ellos, formando ángulos rectos, tanto en el que les sirve de planta, como en el que les cierra por arriba.

5 *Perfil obliqüo*, es el que se erige sobre planos ó suelos inclinados, ó se termina en los mismos, como sucede en las escaleras. Suele muchas veces tener una fábrica obliqüidad, así en la planta, como en el perfil, participando juntamente de declinacion é inclinacion. De todo se tratará en las proposiciones siguientes.

CAPITULO I.

DE LAS PLANTAS O ICNOGRAFIAS obliqüas.

PROP. I. Problema.

Disposicion que deben observar las icnografías de los cuerpos de Arquitectura en las plantas rectilíneas obliqüas.

LAs plantas rectilíneas obliqüas pueden ser paralelógramas sin ángulos rectos; esto es, rombos ú romboydes; y en este caso ambos lados tienen igual declinacion hácia una misma parte: pueden tambien ser trapezias con testera y frontispicio paralelos; pero desiguales, y por consiguiente entrambos lados tendrán sus declinaciones opuestas, y en todo caso se observará la regla siguiente.

Regla general. Todas las líneas que en la icnografía recta eran paralelas á los muros ó paredones de la fábrica, han de ser tambien paralelas á los mismos paredones en la icnografía obliqüa. La razon es, porque de esta suerte guardarán uniformidad y correspondencia los cuerpos de Arquitectura entre sí y con el todo de la obra, lo que seria muy al contrario si no observasen el paralelismo sobredicho.

De que se sigue, que en las plantas rectilíneas de figura romboyde, como pueden ser algunos tránsitos ó corredores, que proceden en viage ó al soslayo, las plantas de los pedestales, que en la Arquitectura recta serian quadradas, en esta han de degenerar en rombos; y las de los zócalos, que en la recta serian quadrilongos, han de desfigurarse en romboydes; y asimismo las plantas de las parástades ó pilastras, ú de otros cuerpos semejantes. Lo mismo se observará en las fábricas de figura trapezia con testera y frontispicio paralelos y desiguales, observando los de cada parte el paralelismo con su paredon: esto ob-

observarán tambien las basas de las colunas y pilastras, y las de sus chapiteles, cuyas descripciones se harán en la forma siguiente.

PROP. II. Problema.

Describir la icnografía ó vestigio de las basas de las parástades y colunas en las plantas rectilíneas obliqüas.

El Obispo Caramuel en el *tratado* 6 *de su Arquitectura*, establece como cosa muy cierta é indubitable, que las plantas de las colunas que en la Arquitectura recta eran redondas, en la obliqüa han de degenerar en elípticas; y en el *artículo* 4 enseña el modo para describirlas, sacando geométricamente las descripciones obliqüas de las rectas de quienes proceden. Confieso ser el artificio de estas descripciones muy sutil y primoroso; pero no veo razon alguna que nos obligue á admitir la sobredicha transformacion de las colunas, ántes hay algunas que bastantemente persuaden no ser conveniente; y no es la mas débil el haberlo así observado inconcusamente los Arquitectos antiguos en los magníficos edificios de Arquitectura obliqüa que erigiéron; cuyas ruinas, ya que no sustentan sus bóvedas, mantienen aun en la posteridad su memoria: y aunque Caramuel diga en el *artículo* 6 *ser este un error comun y universal*, *y en que no solo Vitruvio*, *sino todos los Arquitectos fuéron ciegos*, propondré una ú otra razon, que me persuade mantenerme en el parecer de los antiguos.

1 Siendo la planta de la coluna oval ó elíptica, ha de tener dos diámetros, uno mayor y otro menor: luego segun alguno de ellos, se habrá de determinar la altura de la coluna; y qualquiera que para este efecto se elija, lleva su notable inconveniente; porque si escogemos el mayor, y segun este determinamos la altura de la coluna, mirada esta por la parte en que hace frente el diámetro mayor, parecerá bien; pero por la otra parte, en que forma su groseza el diámetro menor, parecerá muy delgada; y asi-

mismo si se determina la altura segun el diámetro menor, mirada por la parte del mayor, parecerá muy enana; fealdad una y otra intolerable en la coluna, que es el cuerpo mas principal y visible de una fábrica.

2 Ni hay necesidad alguna de transformar la coluna circular en elíptica; porque el cuerpo circular es de la misma suerte adaptable á la fábrica obliqüa que á la recta; de suerte, que aunque el pedestal y basa, para conservar el paralelismo con los muros de la fábrica, se hayan de variar en rombos; pero el círculo siempre le conserva de la misma suerte, por tener siempre uno de sus diámetros paralelo á dichos muros; y así como en estas fábricas obliqüas, aunque el pedestal se desfigure, no por eso se debe desfigurar la estatua que sobre ellos se coloca, así tampoco se debe desfigurar y transformar la coluna que sobre dicho pedestal se erige. Será pues mucho mejor conserve la coluna en planta y perfil en fábricas obliqüas la misma figura, dimension y simetría que en las rectas, con lo qual será fácil la práctica de formar su icnografía como se sigue.

Descrito el rombo ABCD, (*fig.* 40.) que es la icnografía del plinto de la basa de la coluna ú del neto del pedestal, se retirarán las diagonales; y el punto E, en que se cortan, será el centro de la basa de la coluna; y tirando de dicho centro la perpendicular EF á qualquiera de los lados, será la EF el radio del círculo que sirve de planta al cordon ó toro mayor de la basa; y á competente distancia, segun lo dicho en el libro antecedente, se describirán del mismo centro los demas círculos, segun fuere la basa, y el menor de ellos será la planta ó vestigio del imo escapo de la coluna.

PROP.

PROP. III. Problema.

Trazar los chapiteles de las colunas en las plantas rectilíneas obliqüas.

En la planta ó vestigio de los chapiteles de las pastades y colunas, se debe observar en las delineacio-ies obliqüas el mismo paralelismo con los paredones, que sus basas; de suerte, que todas las líneas que en la delineacion recta serian paralelas á los paredones, lo deben tambien ser en la obliqüa: y porque de aquí resulta special dificultad en los cortes ó molduras de algunos chapiteles, explicaré brevemente el modo de formar sus cnografías ó vestigios; y porque los chapiteles Toscano y Dórico no tienen especial dificultad, por ser sus plantas totalmente semejantes á las basas, y formarse de la misma manera que estas, bastará explicarlas en el Jónico y Corintio, con lo qual quedará sabido lo que se ha de hacer en el Compuesto, que casi no se distingue del Corintio.

1 Para obrar con mayor acierto, será mejor describir primeramente la planta del chapitel recto; y empezando por el Jónico, sea en la *fig.* 41. su icnografía recta A, por la qual se ha de delinear la obliqüa B: para esto se tirarán en la planta recta A, de cada moldura ó corte de un lado, líneas rectas á su correspondiente en el otro lado, que serán paralelas entre sí, como se vé en la figura, las quales se continuarán hasta que corten la perpendicular GH: desde los puntos G y H, se tirarán las rectas GD, HE, con la declinacion ú obliqüidad que fuere menester, segun la planta; y tomando las CD, FE iguales á GH, se tirarán las CF, DE, y quedará formado el rombo: luego de cada interseccion de la GH, se tirarán paralelas á la GD, y en ellas se delinearán las molduras ó cortes correspondientes, dándoles la obliqüidad misma de las líneas, lo que se entenderá mas fácilmente mirando la figura, que con muchas palabras: con lo qual quedará descrito el vestigio del chapitel obliqüo, des-

desde cuyo centro B se describirá el círculo igual al de A, que será el sumo escapo de la coluna.

2 La planta ó vestigio del chapitel Corintio se describirá de la misma manera. Véase la *fig.* 43. donde descrita primeramente su planta recta A, y tiradas las líneas que allí se expresan con puntos, se describirá el rombo GE, con ángulos mas ó ménos obliqüos, segun fuere menester; y continuando las paralelas de la delineacion recta A, hasta que corten la línea GH: de los puntos de la GH, se tirarán en la descripcion obliqüa las paralelas al lado GD: y por los puntos en que estas cortaren á las diagonales, se tirarán rectas paralelas á la GH, con que vendrá á quedar quadriculado el rombo B en la misma forma que el quadrado A; y tomando en este las distancias de los puntos de las molduras, que determinan las paralelas, se irán pasando al chapitel obliqüo B, cada una á su paralela correspondiente; y guiando por estos puntos la pluma con destreza, quedará descrito el vestigio del chapitel obliqüo, como se vé bastantemente en la figura. Ultimamente del centro B se describirá un círculo igual al de la figura recta A, que será el vestigio horizontal del sumo escapo de la coluna, sobre que asienta el chapitel. Segun esta planta trabajará el Artífice diestro las hojas y demas cortes, ajustando sus proyecturas á las reglas que se diéron en la *Prop.* 21 del libro antecedente.

PROP. IV. Problema.

Disposicion que deben observar las icnografías de los cuerpos de Arquitectura en las plantas curvilíneas.

De lo que se dixo en la *Prop.* 1 de las plantas rectilíneas obliqüas, se colige lo que se ha de decir de las plantas curvilíneas, como son las circulares y elípticas. Siendo pues regla general, que todas las líneas que en la icnografía recta eran paralelas á los muros de la fábrica, lo han de ser tambien en la obliqüa, se sigue, que siendo circulares estos muros ó paredones, lo habrán de ser tambien las líneas sobredichas; y por consiguiente, los pedes-

des-

destales y basas de las colunas y pilastras tendrán circulares aquellos lados, que por su disposicion han de ser paralelos al muro; con que serán porciones de un círculo paralelo al que forman los paredones del edificio; y por la misma razon las líneas ó lados de dichos pedestales y basas, que en la icnografía recta fueren perpendiculares al muro, habrán de encaminarse en la circular al centro de la fábrica.

Esto mismo que he dicho de la planta circular, digo tambien de la oval ó elíptica, que los lados de las parástades, basas y pedestales, que son paralelas á los paredones, han de ser porciones de elipse descritas de los mismos puntos que la de los paredones, con quienes ha de ser paralela; y los otros lados han de encaminarse al centro de la elipse; y en todo caso han de conservar su propia magnitud y figura circular las colunas, por las razones dichas en la *Prop*. 2.

PROP. V. Problema.

Describir la icnografía ó vestigio de las basas y chapiteles en las plantas circulares y elípticas.

La descripcion ó vestigio de las basas curvilíneas de las colunas, se hará con suma facilidad en la forma siguiente. (*fig*. 42.) Determinado el semidiámetro BI de la coluna, se describirá el círculo ILMN, que será la planta de su imo escapo: luego del mismo centro B se describirán los demas círculos, que son el vestigio de los toros y demas molduras de la basa. Hecho esto, del centro del edificio se describirán los arcos EOF, GQD, tangentes de la basa; y del mismo centro se tirarán las líneas rectas EG, FH, tangentes de la misma basa, en P y R; y el quadrilátero EGHF, será la planta del plinto de la basa, y quedará concluida su delineacion. De aquí se colige el modo de describir los zócalos y pedestales, por ser sus líneas paralelas á las del quadrilátero EH.

Los chapiteles se delinearán de la misma suerte; pero se obrará con mayor seguridad, describiendo primero el chapitel recto, del qual, mediante las quadrículas, se pasa-

sarán al obliqüo los puntos principales, que determinan los cortes de sus ornatos y molduras, en la misma forma que se explicó en la *Prop.* 3. De la misma manera se describirán las icnografías en la planta oval ó elíptica, sacando los lados curvos por los mismos puntos ó focos de la elipse de los paredones, y dirigiendo los lados rectos al centro de la misma elipse.

Todo lo sobredicho se observará tambien en los peristilios ó colunarios, aunque estos formen diferentes naves ó calles, conservando siempre el mismo diámetro y magnitud de las colunas, con lo qual guardará mayor uniformidad el edificio, y solo habrá diferencia en las frentes circulares de las basas y pedestales; porque las mas cercanas al centro de la fábrica serán porciones algo mayores de su círculo, que las mas distantes. El Obispo Caramuel, en conseqüencia de su doctrina, guarda otras reglas, que podrá ver el curioso en el *trat.* 6 *de su Arquitectura*, *art.* 8; pero sus delineaciones incurren en este caso en los mismos ó mayores inconvenientes, que se le objetáron en la *Prop.* 2.

CAPITULO II.

DE LOS PERFILES DE LAS OBRAS verticalmente obliqüas.

PErfiles obliqüos, como dixe al principio, son los que se erigen sobre planos inclinados, ó se terminan en ellos por arriba. Llámanse *planos inclinados* los que forman ángulo con el plano horizontal; y este ángulo es la *inclinacion* del plano, como en la *fig.* 44. el plano AB es horizontal ó á nivel; y el plano DE, es el inclinado, y su inclinacion es el ángulo CEA. Las fábricas erigidas á plomo sobre el plano horizontal AB, son edificios rectos, por formar sus paredes ángulos rectos con dicho plano; pero los erigidos sobre el plano inclinado DE, son obliqüos, por formar con dicho plano ángulos obliqüos; y porque esta obliqüidad es vertical, se reduce casi toda al perfil de la obra. Las reglas que en ella se han de observar son las siguientes.

PROP.

PROP. VI. Problema.

Describir las plantas de los cuerpos de Arquitectura en las fábricas verticalmente obliqüas.

A qualquiera plano inclinado le corresponde otro plano horizontal, como se vé en la *fig.* 45. y por consiguiente á los edificios que se erigen sobre planos inclinados, les corresponden dos plantas ó icnografías, una en el plano horizontal, y otra en el inclinado. La principal y que debe formar primero el Arquitecto, es la del plano horizontal, como aquella de quien resulta la del plano inclinado, por nacer esta de la seccion obliqüa del edificio recto, hecha en virtud del plano inclinado. Descrita pues la planta de qualquiera cuerpo de Arquitectura en el plano horizontal, segun las reglas de la Arquitectura recta, y como si sobre el dicho plano se hubiera de levantar el edificio, se describirá la icnografía ó vestigio del mismo cuerpo en el plano inclinado en la forma siguiente.

Supongamos se ha de erigir una coluna redonda sobre el plano inclinado AG. (*fig.* 45.) Determinado el diámetro NA de su imo escapo en el plano horizontal, se describirá el semicírculo NXA; y dividiendo dicho diámetro en qualesquiera partes iguales, como por exemplo en seis, se tirarán las OT, PV, &c. perpendiculares al diámetro que se continuarán hasta que corten el plano inclinado AG, en G, H, &c. luego se hará la HF perpendicular á AG, é igual á OT; y la IE paralela á HF, é igual á PV, y así de las demas; y guiando la pluma por los puntos G, F, E, &c. quedará descrita la mitad de la planta de la coluna, que será una semielipse: la otra mitad se describirá pasando las mismas distancias HF, IE, &c. á la otra parte en las mismas líneas continuadas. De la misma suerte, y aun con mayor facilidad se describirán las plantas de los pedestales, basas, &c.

PROP.

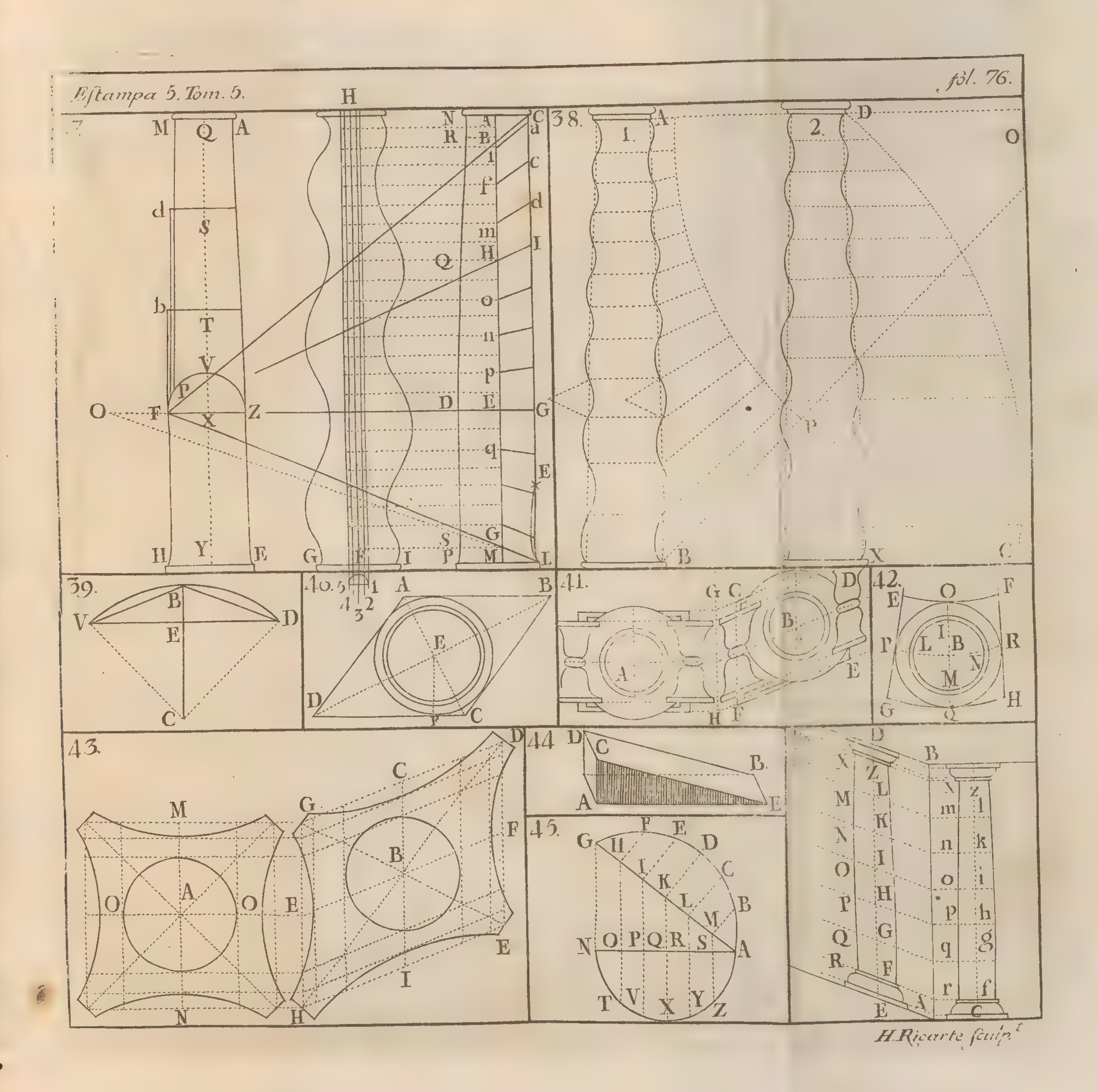
PROP. VII. Problema.

Describir el perfil de los cuerpos de Arquitectura en las fábricas verticalmente obliqüas.

De lo dicho en la Propos. antecedente se colige, que los cuerpos de Arquitectura verticalmente obliqüos tendrán la misma amplitud ó crasicie, segun la seccion ó línea horizontal, que tendrian si se erigiesen sobre el plano horizontal correspondiente al inclinado; con que será cosa fácil formar su perfil, como se sigue.

Primeramente, para mayor acierto se delineará el perfil recto; y de este se sacará el obliqüo. Sirva de exemplo la coluna Toscana que se vé en la *figura* 46. Hecha pues su lineacion recta, se dividirá la altura de su escapo en algunas partes iguales, como por exemplo en 6, y por estas divisiones, como tambien por todos los cortes de su basa y chapitel, se tirarán paralelas horizontales, hasta encontrar con la perpendicular AB: de los puntos en que la cortaren, se tirarán paralelas al suelo inclinado AE; y habiendo tirado la ED paralela á AB, que representará el exe de la coluna, se tirará asimismo la RX paralela á ED, á quien cortarán las líneas inclinadas en los puntos T, P, O, &c. de los quales se tirarán perpendiculares á la ED, que serán todas paralelas entre sí: á estas paralelas se irán pasando los semidiámetros de la coluna recta; esto es, zx, á ZX; lm, á LM; y así de las demas: y llevando la línea por los puntos X, M, N, &c. quedará formado el perfil de la una parte de la coluna con su diminucion debida: la otra parte se formará pasando á ella cada semidiámetro obliqüo de la primera, y señalando puntos en las mismas paralelas obliqüas. La basa y chapitel con todos sus cortes quedan formadas con las mismas paralelas obliqüas; y porque la figura lo expresa bastantemente, no me detengo en mas larga declaracion.

De esta misma manera, y aun con ménos trabajo, se describirá el perfil de los pedestales y cornijas; advirtiendo, que todos los cortes que en la cornija recta son para-



H. Ricarte sculp.

paralelos al horizonte, en la obliqüa lo han de ser al plano inclinado; y los que eran perpendiculares al horizonte, ó baxaban á plomo en la recta, deben tambien baxar á plomo en la obliqüa: por ser cosa tan notoriamente fácil y de todos sabida, no me detengo mas en ella.

ESCOLIO.

De lo dicho se colige, que las pilastras y colunas en este género de Arquitectura obliqüa conservan el mismo diámetro horizontal que en la recta; y por consiguiente la misma espesura. El Obispo Caramuel en el trat. 6 art. 9 *juzga, no parecer bien estas colunas, por salir sobrado baxos á la vista los chapiteles; por esta causa forma las colunas, trasladando las medidas rf, qg, &c. no á las horizontales RF, QG, sino á las inclinadas; pero en este modo de obrar hallo otro inconveniente mayor, y es, que la coluna sale mas delgada; pues siempre su propio módulo es el semidiámetro horizontal de su imo escapo, y no el inclinado; de que se sigue tener mayor altura respecto de su crasicie de la que pide su simetría: y habiendo esta coluna de sustentar el mismo peso que la recta, no sé por qué se haya de formar mas delgada; pero no estando esto sujeto á las leyes rigurosas de Geometría, podrá el Artífice obrar segun mejor le pareciere.*

PROP. VIII. Problema.

Explícase el modo cómo se han de hacer estos perfiles, quando el suelo del edificio es horizontal, y el techo es inclinado ú obliqüo.

Es cierto, que sobre el suelo horizontal se ha de erigir la fábrica recta; y es tambien cierto, que siendo el techo que termina la obra obliqüo, que el remate de ella habrá de ser asimismo obliqüo; de que infiero, haber de ser estas fábricas en parte rectas, y en parte obliqüas; y no habiendo de pasar repentinamente y de golpe de lo rec-

recto á lo obliqüo, que ese seria error muy feo, se sigue haberse de disimular artificiosamente ese tránsito, lo qual se puede hacer en la forma siguiente.

Sea en la *fig*. 47. el plano horizontal CB, sobre que han de cargar los balaustres de una escalera: sea CA donde han de determinarse: descríbase primeramente el balaustre recto GH, de cuyos cortes mas principales se tirarán paralelas horizontales, que corten perpendicular AB: de intersecciones se tirarán líneas al punto C, en quien concurren el plano horizontal y el inclinado; y estas determinarán el lugar y obliqüidad que han de tener las molduras y cortes de los balaustres que se hubieren de colocar entre los planos sobredichos.

Este modo de Arquitectura puede ocurrir en las escaleras, cuyas barandas suelen adornarse con balaustres, que asentando sobre el plano de las gradas, que es horizontal, terminan en el pasamano, que es obliqüo. Condena Caramuel con razon en el *art*. 12, á las que teniendo la cornija obliqüa, constan de colunas y chapiteles rectos, que no pudiendo concordar con ella, las ajustó el Arquitecto, como por fuerza y sin gracia, con unos zoquetes triangulares, que como ripios llenan el vacío; y no parecen otra cosa, que *quinta rota in curru*, de lo que puede ser fiel testigo la vista.

PROP. IX. Problema.

Formar las plantas y perfiles de los cuerpos de Arquitectura en los edificios que constan de declinacion é inclinacion.

Quando la fábrica tuviere declinacion é inclinacion juntamente siendo rectilíneas, se describirá la planta y perfil de los cuerpos de Arquitectura de la misma suerte que los de las Proposiciones pasadas; solo que la planta de dichos cuerpos en el plano horizontal ha de ser la misma que dixe en la *Prop*. 2 para los pedestales y basas de las colunas; y en la *Prop*. 3 para los chapiteles; y así no es menester mas explicacion.

Si

Si la declinacion del edificio fuere curvilínea, se delineará la planta de los cuerpos sobredichos en el plano horizontal, con la disposicion misma que se dixo en las *Proposiciones* 4 *y* 5: descrita esta, se sacará el perfil de la misma suerte que en las obliqüas rectilíneas; solo que las piedras de la superficie han de observar, y seguir la misma obliqüidad y curvatura de la planta, dándoles asimismo á los cortes y molduras la obliqüidad vertical ó inclinacion de la obra: todo lo qual se reduce al corte y formacion de las plantillas, que se explicará en el tratado siguiente.

PROP. X. Problema.

Formar las cornijas obliqüas, y unirlas con las rectas.

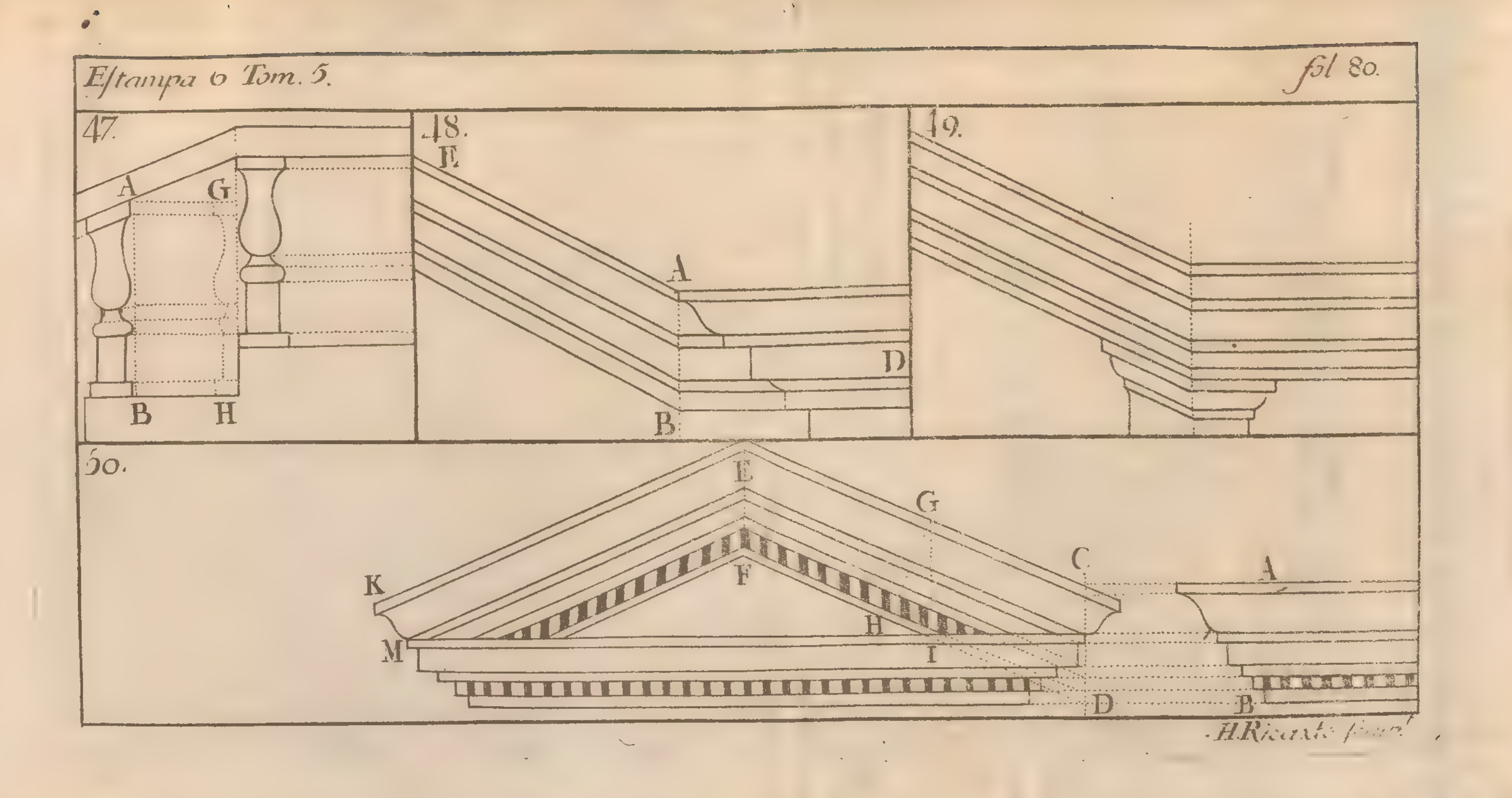
Es muy freqüente en las fábricas el uso de las cornijas obliqüas, singularmente en los remates de los frontispicios, y en los ornatos que suelen coronar las ventanas y puertas, y acompañar las escaleras, siendo muy ordinario correr recta una cornija hasta cierto término, donde haciendo ángulo, prosigue de allí adelante obliqüa; y como tenga bastante dificultad el unir la cornija obliqüa con la recta de quien procede, será forzoso ocurrir con los preceptos siguientes á qualquiera desacierto, que en este punto ofenderia notablemente la vista.

1 La cornija AD horizontal, (*fig.* 48.) ha de proseguir obliqüa por AE: tírese la AB perpendicular al horizonte ó á plomo: prosíganse todos los cortes ó molduras de la cornija recta AD, hasta que corten la recta AB; y de las intersecciones tírense paralelas á la línea obliqüa AE, y quedará formada la cornija obliqüa, que unirá con la recta en la línea AB; pero porque parece mal que esta línea de la union cayga fuera de la coluna, segun se vé en dicha figura, será mucho mejor se disponga como en la *fig.* 49. en que la línea de la union cae en medio de la coluna; pero será menester, que esta sea recta en la mitad que corresponde á la cornija recta, y obliqüa en la otra mitad correspondien-

te á la obliqüa. Adviértase tambien, que todos los cortes y paralelos á la AB, han de conservar en la obliqüa el mismo perpendículo y paralelismo, como se vé en la *fig.* 50.

2 Con el mismo artificio sobredicho se determinará el orígen y disposicion de los cortes en las cornijas angulatas y circulares, que suelen colocar en las fachadas de las puertas y ventanas, y en la coronacion y remate de otros edificios. Supongamos pues se ha de formar una cornija angulata KEC: (*fig.* 50.) determinado primeramente el ángulo E, (31 *lib.* 1.) se describirá con líneas ocultas la cornija recta que se quisiere usar, y sea AB: tírense las CD, EF y AB, perpendiculares al horizonte, y por consiguiente paralelas: continúense las líneas de la cornija recta hasta que corten la CD; y de las intersecciones suban paralelas á la CE, hasta llegar á la EF, en la qual formando todas un mismo ángulo, prosigan paralelas á la EK, y quedará perfecta la delineacion, en la qual los dentellones son verticales y perpendiculares ó paralelos á la GI; pero no á la GH, que seria notabílisima fealdad y error.

TRA-


Estampa 6 Tom. 5.
fol 80.
47.
A
G
B
H
48.
E
A
D
B
49.
50.
E
G
C
A
K
F
H
M
I
D
B
H.Ricaut fecit

TRATADO XV.

DE LA MONTEA Y CORTES DE CANTERÍA.

COmprehende este tratado lo mas sutil y primoroso de la Arquitectura, que es la formacion de todo género de arcos y bóvedas, cortando sus piedras, y ajustándolas con tal artificio, que la misma gravedad y peso que las habia de precipitar hácia la tierra, las mantenga constantes en el ayre, sustentándose las unas á las otras en virtud de la mutua complicacion que las enlaza, con lo que cierran por arriba las fábricas con toda seguridad y firmeza. Juzgo será materia de mucha utilidad para los Maestros de Arquitectura y Cantería, por comprehender todo lo concerniente á entrambas Artes. Va distribuida para mayor claridad en cinco libros. El primero será de los principios fundamentales de todo el tratado. El segundo tratará de los arcos y bóvedas cilíndricas. El tercero de las cónicas. El quarto de las esféricas, y del concurso de diferentes bóvedas. El quinto de las espirales, y de otros irregulares géneros de vueltas.

LIBRO I.

DE LOS FUNDAMENTOS DEL ARTE DE MONTEA Y CANTERÍA.

DEFINICIONES.

1 LOs *arcos* que adornan y sustentan los edificios, y las *bóvedas* que les cubren y cierran, no son otra cosa si bien se consideran, que unos cortes, secciones de cilindros ó esferas, ú de otros sólidos cóncavos, hechas por planos verticales ú horizontales, rectos ú obliqüos, de que resulta la gran diversidad de sus especies, que explicarémos en su lugar.

2 Las piedras de que se componen los arcos y bóvedas, imitan la forma de una cuña, como se vé en la *fig.* 1. Constan de seis superficies, de las quales la interior IM es cóncava, y se llama *dovela interior*; su opuesta FGH es convexâ, y se llama *dovela exterior*. La superficie FM, que suele ser vertical, se llama *paramento y cara anterior*; y su opuesta IH, *paramento y cara interior*. Las otras dos superficies FI, MH, se llaman *lechos* ó *juntas*, por juntarse y servir de lechos las de unas piedras para las otras. La superficie sobre quien asienta y ajusta otra, se suele especialmente llamar *lecho*; y la que asienta sobre ella *sobrelecho*. La piedra que está en medio de un arco ó boveda, se llama *clave*; y las primeras á uno y otro pie, *incumbas* ó *bolsones*.

3 Para cada superficie de las sobredichas, se puede hacer su *plantilla*, que no es otra cosa, que una tabla ó plancha cortada con los mismos ángulos y figura, que ha de tener la sobredicha superficie de la piedra, para que puesta sobre ella se le dé aquella misma disposicion y figura, quitando todo lo superfluo: el modo de cortar las plantillas,

llas, no solo para los arcos y bóvedas, si tambien para otros qualesquiera cuerpos de Arquitectura, se colegirá de lo que despues dirémos.

4 *Cimbria* ó *cerchon*, es la tabla ó tablas de madera, cortadas con la misma concavidad del arco ó bóveda, que sirven de exemplar y pauta para su formacion.

5 *Gnomon* ó *esquadra*, es un instrumento bien conocido, compuesto de dos reglas que forman un ángulo recto.

6 *Gnomon movible* ó *saltarella*, es un instrumento compuesto de dos reglas movibles sobre un punto á modo de compas, con el qual se toma qualquier ángulo, y se pasa á las piedras en quienes se executa.

7 *Regla cercha* ó *bayvel*, es una tabla cortada, de suerte que forme un ángulo mixtilíneo igual al que hacen los lechos de las piedras de un arco con la superficie cóncava del mismo, de que se hablará varias veces. No me detengo en explicar los demas instrumentos de que necesitan los Arquitectos y Canteros, como son *nivel*, *pico*, *escoda*, *cincel* y *tallantes*, por ser bien conocidos.

8 El *vestigio* ó *icnografía horizontal* de qualquiera magnitud puesta ó imaginada en el ayre, es aquella figura que tendria su sombra en el plano horizontal, causada de los rayos del Sol, puesto perpendicularmente sobre dicha magnitud: de que se colige formarse dicha icnografía, tirando perpendiculares al horizonte de las extremidades y ángulos de la sobredicha magnitud; porque los rayos del Sol que la formarian, serian perpendiculares al horizonte, y paralelos en sí sensiblemente por la gran distancia del Sol.

9 *Vestigio vertical*, es el que se formaria en un plano vertical con los rayos del Sol, puesto en el horizonte, los quales serian perpendiculares al plano, y paralelos entre sí y con el horizonte.

PROP. I. Teorema.

La icnografía horizontal de una línea recta puesta en el ayre y paralela al horizonte, es tambien línea recta igual y paralela á la sobredicha. (*fig.* 1.)

La recta AB se considera en el ayre, y paralela al suelo horizontal. Digo que su icnografía horizontal CD es paralela é igual á AB.

Demonstr. Las rectas AC, BD, que forman la icnografía, (*def.* 7.) son perpendiculares al suelo horizontal: luego tambien lo son á la AB, y por consiguiente son entre sí paralelas; y siendo AB paralela al horizonte, son tambien AC, y BD iguales: luego la icnografía ó línea CD, que las junta, será (33. 1. Eucl.) igual y paralela á la AB.

Por la misma razon la icnografía vertical de una línea recta perpendicular al horizonte, es igual y paralela á dicha línea.

PROP. II. Teorema.

La icnografía horizontal de una línea recta inclinada al horizonte, es una línea recta menor que la sobredicha. (*fig.* 1.)

Sea la recta AE inclinada hácia el horizonte. Digo que su icnografía horizontal CD es menor que la línea AE. La razon es, porque (1.) la icnografia CD, que lo es tambien de la AB, por suponerse entrambas en un mismo plano vertical, es igual á AB; y siendo AB menor que AE, por oponerse á menor ángulo en el triángulo ABE, será tambien CD menor que AE.

PROP.

PROP. III. Teorema.

Las líneas paralelas é iguales, que están en diferentes planos verticales, tienen sus icnografías iguales, y tambien paralelas. (*fig.* 2.)

Las dos líneas AB, CD, son paralelas é iguales, y están en diferentes planos verticales. Digo, que sus icnografías EF, GH, son tambien paralelas é iguales. Tírense los perpendículos que forman sus icnografías, y tómese la GK igual á FD; y en el plano GA tírese la KI paralela á CD y á la AB, y júntense las CI, DK.

Demonstr. Las DF, KG son por construccion iguales, y por ser perpendiculares al mismo plano horizontal son tambien paralelas: luego las DK, FG, que las juntan, son tambien paralelas é iguales: y por la misma razon son las paralelas AB, IK iguales; y asimismo las CI, DK serán paralelas é iguales, por serlo las CD, IK á quienes juntan: luego siendo la DK paralela al horizonte, tambien lo será CI: luego la EH, que está en el mismo plano que la CI, y está en el horizonte, será tambien igual y paralela á la CI: luego las EH, FG son paralelas é iguales; y por consiguiente las icnografías EF, GH que las juntan, son paralelas é iguales.

Dixe en la proposicion, que *las paralelas é iguales, que están en diferentes planos verticales, tienen sus icnografías paralelas é iguales*; porque si están en un mismo plano vertical como las AB, IK, tienen por icnografía la línea HG solamente: como tambien las AB, ML tienen las icnografías HG, ON iguales; pero que concurren formando una misma línea, como es por sí manifiesto.

PROP.

PROP. IV. Teorema.

Si las líneas paralelas al horizonte forman ángulo, sus icnografías horizontales formarán el mismo ángulo. (*fig.* 2.)

Sean las líneas DK, KI paralelas al horizonte, y formen qualquiera ángulo K. Digo, que sus icnografías horizontales HG, GF, forman el ángulo G igual al ángulo K. *Demonstr.* (1.) La icnografía HG es paralela á la recta IK, y la GF á la KI: luego (10. 11. Eucl.) el ángulo G es igual al ángulo K.

COROLARIOS.

1 *La icnografía horizontal de qualquiera polígono paralelo al horizonte, es igual y semejante al sobredicho polígono, por tener sus lados y ángulos iguales á los del polígono. Lo mismo es en los círculos, elipses y otras qualesquiera figuras curvilíneas, por ser polígonos de infinitos lados.*

2 *Las líneas que forman ángulo, y están en un mismo plano vertical, tienen sus icnografías horizontales concurrentes en una misma línea. Consta de la Proposicion 2, donde se vé, que las líneas AB, AE (fig. 1.) que forman el ángulo A, y están en un mismo plano vertical, tienen por comun icnografía la recta CD.*

3 *Qualquiera polígono, cuyo plano fuere vertical, tiene por icnografía horizontal una línea recta. Asimismo el círculo ó elipse vertical tiene por icnografía horizontal una línea recta igual á su diámetro. Consta de lo dicho; pero si sus planos fueren inclinados, será su icnografía diferente, tanto quanto fuere mayor ó menor su inclinacion.*

4 *Todo lo que se ha dicho hasta ahora de la icnografía horizontal, se ha de entender tambien de la vertical, siendo la disposicion de las líneas y planos respecto del plano vertical, semejante á la que se ha considerado respecto del horizontal.*

PROP.

PROP. V. Problema.

Dadas tres plantillas, que juntas formen un ángulo sólido, hallar las inclinaciones de sus planos.

Modo 1. Júntense las tres plantillas de suerte, que formen el ángulo sólido; y con la saltarella se tomarán los ángulos que forman unas con otras, que son sus inclinaciones: como si en la *fig.* 5. se juntan las plantillas AB, KL, BF de suerte, que formen el ángulo sólido B, se tirarán las perpendiculares EC, CO, á la comun seccion BL; y ajustando los brazos de la saltarella á estas perpendiculares, se sabrá el ángulo ECO de la inclinacion que se pretende.

Modo 2 *geométrico*. En la *fig.* 3. los planos AB, AC, AD, se han de juntar para que formen el ángulo sólido A: pídese el ángulo de inclinacion que tendrá el plano AD con AC, y en el mismo AD con AB.

Operacion. Júntense ó descríbanse los tres planos en un mismo plano de modo, que se unan y convengan en los lados AN, AM. Hecho esto, de los puntos E y F, tírense las EG, FH, perpendiculares á dichos lados, que se proseguirán hasta que concurran en I: del punto I, con el intervalo HF, se hará el corte K; y tirando la IK, el ángulo HIK, será el de la inclinacion de los planos AC, AD: y asimismo si con el intervalo GE, se hace desde I el corte L en el lado AN prolongado, será el ángulo LIG, el de la inclinacion de los planos AB, AD.

Demonstr. Imagínese que los planos AC, AB, se muevan volviéndose sobre las AM, AN, hasta que AF, AE se junten en una misma línea, y los puntos E y F en un mismo punto; de que se seguirá, que las EG, GI, doblándose formarán ángulo en G, como tambien las FH, HI en H: lo qual se percibirá claramente haciendo la figura en papel aparte, y cortándola de suerte, que doblando el papel por las líneas AM, AN, venga á juntarse AF con AE: donde se verá, que si del punto E y F (que se hacen uno) se tira una línea al punto I, será perpendicular al plano AD; y se prueba haber de ser así, porque la NG es

es perpendicular á las EG, GI: luego (4. 11. Eucl.) es perpendicular al plano del triángulo EGI, que se formará con el dicho doblamiento; y por consiguiente, el plano AD, que pasa por las líneas NG, GI, es perpendicular al plano del triángulo EGI, y este á aquel. Por la misma razon es el plano del triángulo FHI perpendicular al mismo plano AD: luego (19. 11. Eucl.) la línea EI ó FI, que es la misma, es perpendicular al dicho plano AD; con que el triángulo FIH, es rectángulo en I; y por consiguiente, el ángulo FHI, es la inclinacion de los planos AC, AD: este pues digo ser igual al ángulo HIK; porque los triángulos FIH, IKH, son totalmente iguales, por tener el lado IH comun; y los lados IK, FH iguales por construccion; y los ángulos comprehendidos iguales por ser rectos: luego los ángulos IHF, HIK son iguales, que es lo que se pretende. De la misma suerte se demonstrará ser iguales los ángulos IGE, LIG.

PROP. VI. Problema.

Dados los lados de un paralelógramo, y en uno de ellos el punto en que cae la perpendicular tirada de la extremidad del otro, perficionar el paralelógramo. (fig. 4.)

Sean dados los lados NP y X de un paralelógramo; y el punto Q en que viene á caer la perpendicular tirada de la extremidad del otro lado: pídese se perficione el paralelógramo.

Operacion. Del punto dado Q levántese la perpendicular QM larga á discrecion; tómese con el compas la línea X, y haciendo centro en N, con la dicha distancia córtese la perpendicular en M; y tirando la NM, perficiónese el paralelógramo, haciendo la MO igual y paralela á NP, y tirando la OP. Es tan claro, que no necesita de demonstracion.

PROP. VII. Problema.

Modo primero de formar y cortar las piedras. (fig. 5.)

Los Maestros de Cantería tienen dos modos de cortar las pie-

piedras: el primero mas fácil y ordinario, es el que se vale de las plantillas, cerchas, bayveles y saltarella con que forman los planos y superficies de las piedras, dándoles los debidos ángulos de inclinacion; y es como se sigue.

Supongamos se ha de trabajar la piedra de la *fig.* 5. para un arco, cuyas tres plantillas se suponen ya cortadas. 1. Trabájese la superficie DB, aplicándole su propia plantilla; y aunque esta superficie ha de ser curva por pertenecer á la dovela interior del arco, pero conviene se haga primero plana. 2. Señálese con lápiz la EC perpendicular á la BL, y asimismo la CO perpendicular á la misma BL: ábrase una regata en la piedra siguiendo la CO; y tomando con la saltarella el ángulo de inclinacion que ha de tener el plano LM, con el plano DB, segun le da la plantilla de la cara AB, se ajustará el un pie de dicho instrumento sobre la línea EC, y el otro en la regata CO, la qual se profundará segun fuere menester, hasta que los pies de la saltarella se ajusten perfectamente el uno sobre EC, y el otro sobre CO. Hecho esto, quítese de la piedra todo lo superfluo, hasta que la superficie LM quede bien llana, de suerte, que no quede vestigio de la regata CO; y con esto quedará concluida esta superficie, y de la misma manera se trabajará la otra AD su correspondiente.

3 Para trabajar la superficie AB, tírese con lápiz la GH perpendicular á la KB, y asimismo la HI perpendicular á la misma KB, y se abrirá como ántes una regata HI; y tomando de las plantillas el ángulo que han de formar los planos AB, KL, se ajustarán sus dos brazos, el uno sobre GH, y el otro en la regata HI, que se profundará hasta que el ángulo de la saltarella ajuste perfectamente con el de la piedra, y cada brazo de aquella con cada superficie de esta, y allanando toda la superficie KM, hasta que desaparezca la regata, quedará concluida la sobredicha superficie; y de la misma suerte se trabajará su opuesta DF. Ultimamente, con el segmento de círculo S, cuya curvatura se supone ajustada á la de la cimbria ó cerchon del arco, se formará la concavidad de la superficie DB, que se hizo plana para facilitar la operacion. Suélese ordinariamente trabajar esta superficie cóncava de DB,

for-

formando en una tabla como X, el ángulo mixtilíneo ajustado al mixtilíneo AKB, que ha de tener la piedra: llámase dicha tabla *regla cercha ó bayvel.*

Adviértase, que habiéndose trabajado los lechos ML y AD, se puede trabajar la superficie AB, aplicando solamente sobre ML su propia plantilla por dar esta el ángulo MBL; y no será menester buscar el ángulo IHG por la saltarella, y se excusará la operacion puesta en el num. 3.

PROP. VIII. Problema.

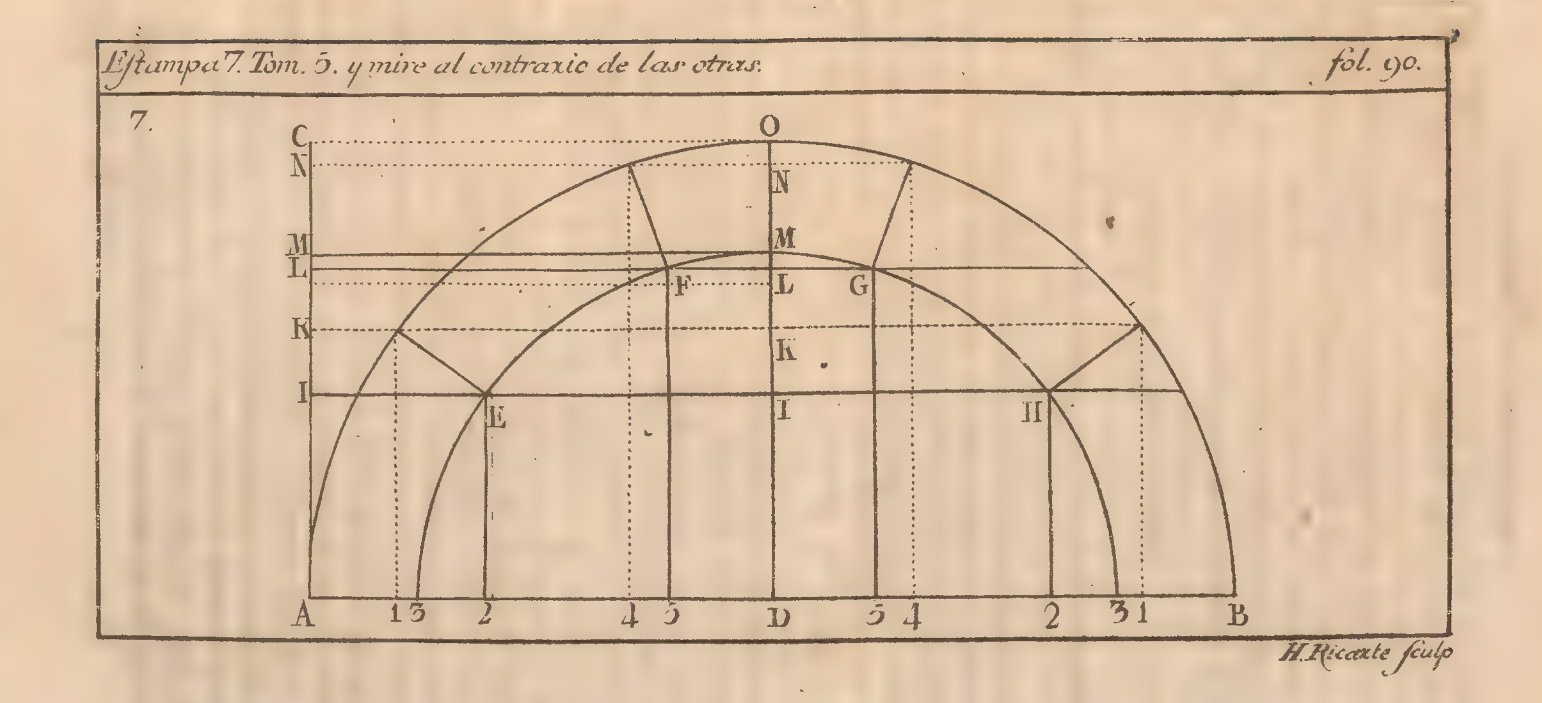
Modo segundo de formar y cortar las piedras. (*fig.* 6.)

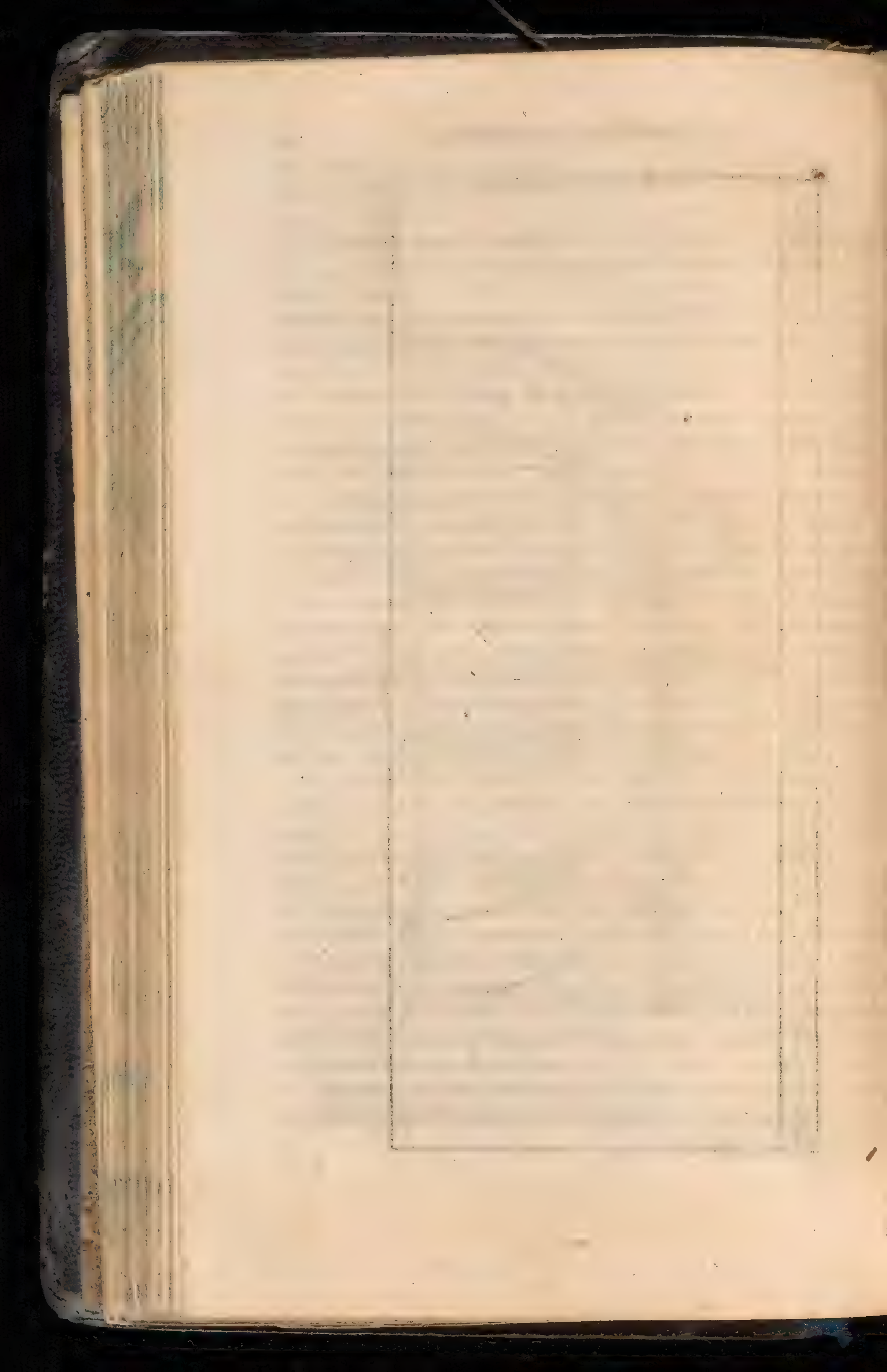
Este segundo modo de cortar las piedras usa de quadrículas y robos, y aunque es mas ingenioso que el primero, pero tiene mas dificultad, y desperdicia mucha piedra; y porque raras veces será menester ponerle en práctica, resumiré en breve su explicacion. Sea pues (*fig.* 6.) la plantilla ABCD, para la frente de la piedra que se ha de formar, que supongo sea vertical; y tirando la horizontal GH, se baxarán los perpendículos de los ángulos, y quedará formada su icnografía en la línea GKAH. Supongo tambien, que la icnografía horizontal de la piedra formada con las perpendiculares que baxan de sus ángulos, sea el paralelógramo GE.

Operacion. Córtese en la piedra OM la superficie plana OYLN, igual y semejante á la icnografía GE: córtese tambien la superficie plana OZ á esquadra con la primera: levántese la perpendicular OP igual á la GD; y tomando OX igual á GK, se levantará la perpendicular XS igual á KC, y en ella se señalará XT igual á KI. Asimismo se hará la OV igual á GA; y la perpendicular Y&, igual á HB: y se tendrá la figura PS&V igual y semejante á la plantilla ABCD: hágase lo mismo con todo cuidado en la superficie de la piedra opuesta á la OS, y cortando á la larga en toda la piedra los segmentos POV, & VY, quedará perfecta la piedra como se deseaba.

Algunas dificultades se pueden ofrecer en esta práctica, que si fuere menester se explicarán en su lugar.

PROP.


Estampa 7. Tom. 5. y mire al contrario de las otras.
fol. 90.
7.
O
C
N
M
L
K
I
N
M
F
L
G
K
E
I
H
A
1 3
2
4 5
D
5 4
2
3 1
B
H. Ricarte sculp



PROP. IX. Problema.

Describir la icnografía así horizontal como vertical del arco fundamental. (fig. 7.)

Llamo *arco fundamental* ó *principal* al que consta de un semicírculo entero, que tambien suelen llamar los Arquitectos *arco de medio punto.* Este arco y sus icnografías sirven como de fundamento para la delineacion de otros muchos géneros de arcos y bóvedas, como se verá en el discurso de este tratado, y por eso con razon se le da el nombre de *principal* ó *fundamental.* Su descripcion es bien sabida: hácese en la forma siguiente.

Sobre la recta AB se ha de describir un arco circular ú de medio punto. *Operacion.* Divídase por medio en D, y haciendo centro en D, con el intervalo DA, hágase el semicírculo AOB, que será la dovela exterior del arco: córtese la A3 igual á la crasicie del arco, y con la distancia D3 hágase el semicírculo 3M3, y será la dovela interior. Divídase este semicírculo en algunas partes iguales, pero impares, para que no venga juntura en el medio, si que esté allí entera la clave ó tolo FOG: del centro D tírense por dichas divisiones líneas rectas de la una dovela á la otra, y estas serán las junturas de las piedras; y con esto quedará descrita la frente del arco.

La *icnografía horizontal* se hará en la forma siguiente. De los puntos de las divisiones hechas así en la dovela interior como en la exterior, tírense perpendiculares al diámetro horizontal AB: las que baxan de la dovela exterior son de puntos para mayor distincion de las que descienden de la interior: con esto quedará en la línea AB hecha la icnografía horizontal de la frente del arco, y de todas las junturas de sus piedras, como consta del *Corolario* 3 despues de la *Propos.* 4, donde se vé claramente, que por los puntos de esta icnografía han de pasar las líneas que terminan el vestigio horizontal de las junturas ó lechos de las piedras.

La

La *icnografía vertical* se describe, tirando por las mismas divisiones de los semicírculos líneas paralelas al diámetro horizontal AB; las del círculo exterior de puntos para distincion de las otras; y estas cortarán el semidiámetro vertical DO en los puntos N, L, &c. y quedará formada la icnografía vertical de la frente del arco: y en lugar de la DO, se formarán dichas divisiones en la AC su igual y paralela, para mayor limpieza y ménos confusion.

Muchas veces será menester la sobredicha division de la línea AB como fundamento para difernte operaciones, por ser el arco semicircular, como tengo dicho, el principio y orígen de quien se deducen los demas; y por no repetir la práctica sobredicha, nos contentarémos con trasladar el diámetro horizontal AB con sus divisiones, como tambien la AC quando fuere menester: y para que mas fácilmente se pueda tener presente dicho arco, se ha puesto aparte su figura al principio de este libro.



LIBRO II.

DE LA DESCRIPCION Y FÁBRICA

DE LOS ARCOS Y BÓVEDAS CILÍNDRICAS.

ASí los arcos como las bóvedas pueden ser ó cilíndricos ó cónicos: aquellos son porciones de un cilindro, y estos de una pirámide cónica. Trataré en este libro solamente de los cilíndricos, comprehendiendo en ellos tanto los circulares como los elípticos; pues en quanto á lo que de ellos hemos de decir ahora, no llevan los unos especial dificultad, que no se halle tambien en los otros; porque así como el arco ó bó-

ve-

veda circular se concibe claramente engendrarse del movimiento de un semicírculo, cuyo centro camine por una línea recta, que es el exe de dicho arco ó bóveda; así tambien los elípticos se imaginan engendrarse del movimiento mismo que se supone hacer una semielipse, como luego diré. Comprehendo pues en este libro el modo de trazar y fabricar los sobredichos arcos y bóvedas segun todas sus diferencias, que se explican en las definiciones siguientes.

DEFINICIONES.

1 *Arco semicircular ú de medio punto*, es el que consta de un perfecto semicírculo, como el de la *fig.* 7.

2 *Arco escarzano* se llama el que siendo circular, no llega á tener enteramente el medio punto, ni á ser perfectamente semicírculo como el de la *fig.* 9.

3 *Arco elíptico rebaxado*, es el que consta de una media elipse, teniendo por diámetro de su claro el mayor diámetro de aquella, y por altura ó sagita el menor semidiámetro. Quando se describe con cordel, es una rigurosa semielipse; y se llama *arco de cordel.* (*fig.* 12.)

Quando con porciones de círculo, se llama *carpanel* ó *apaynelado.* (*fig.* 10.)

4 *Arco de todo punto ó levantado de punto*, puede ser de dos maneras: el primero es el que consta de una media elipse, siendo el menor diámetro de esta el del claro del arco; y su altura ó sagita el mayor semidiámetro. Puédese llamar *elíptico levantado.* El segundo es el que consta de dos porciones de círculo que forman ángulo en la clave, por lo que se llama *apuntado.* (*fig.* 15.)

5 *Arco degenerante*, es el que viene á degenerar en línea recta, (*fig.* 17.) y suele llamarse *adintelado ó á nivel.* Puede tambien degenerar en otro género de líneas, como verémos despues. Si este arco fuere por una de sus caras degenerante en línea recta á nivel ó adintelado; y

por

por la otra guardare su vuelta ó curvatura, se llamará *capialzado.*

6 Quando la primera piedra, ó los primeros ladrillos de uno y otro pie del arco asientan á nivel y sobre plano horizontal, se dice *mover el arco de quadrado ú horizontalmente*; pero quando asientan sobre plano inclinado, se dice *mover de salmer ú de plano inclinado.*

7 Así las juntas de las piedras, como las hiladas de los ladrillos de que constan los arcos, se encaminan hácia alguno ó algunos puntos determinados: y esta direccion se llama *tirantez del arco.*

8 *Cintrel*, es un hilo ó vara que se asienta en el punto hácia donde van las tiranteces del arco, y sirve para labrarle de suerte, que en qualquier parte observe su propia tirantez.

9 En las bóvedas se distinguen tambien las mismas especies que en los arcos; y así son, ó *semicirculares* ú *de medio punto*: *escarzanas*: *elípticas rebaxadas*, ú *de cordel*, ú *de punto levantado.* Y á mas de este, de los encuentros de sus cañones y mixtura de sus monteas resultan otras de que se tratará mas adelante.

10 *Basa de un arco ó bóveda*, es el plano vertical ó quasi vertical, que tiene la misma figura del arco ó bóveda: y así la basa de una bóveda ó arco semicircular es un semicírculo vertical; la de la bóveda ó arco elíptico es una media elipse vertical; y así de los demas. De que se colige haberse de considerar dos basas en qualquiera arco, que son los términos de su profundidad ó crasicie: y asimismo en qualquiera bóveda, que son los términos de su cañon: y la distancia que hay de una basa á la opuesta es la *longitud del cañon de la bóveda.*

11 *Exe de un arco ó bóveda*, es la línea recta que pasa del centro de una basa al centro de la otra opuesta, corriendo á lo largo todo el cañon.

12 Concíbese resultar el cañon de una bóveda ú arco del movimiento que hace un plano igual y semejante á su basa, corriendo su centro por el exe de dicho arco ó bóveda: de que se colige, que si dicho exe es perpen-

pendicular al plano de la basa, todas las líneas paralelas al exe, tiradas tanto en la superficie cóncava, como en la convexâ, serán perpendiculares á la basa; y si el exe fuere obliqüo á la basa, tambien lo serán todas las sobredichas paralelas: con que siendo el exe perpendicular á la basa, la bóveda y arco serán *rectos*; pero si fuere obliqüo, serán *obliqüos*.

CAPITULO I.

DE LOS ARCOS Y BOVEDAS CILINDRICAS regulares, tanto rectas, como obliqüas.

TOdo lo que en este libro se dixere de los arcos cilíndricos, se ha de entender tambien de las bóvedas cilíndricas, pues solo se diferencian estas de los arcos en extenderse á mayor longitud. Explicaré pues en este capítulo el modo de trazar y fabricar todo género de arcos cilíndricos, así rectos como obliqüos; pero sin que en ellos concurra irregularidad alguna de las muchas que pueden concurrir, y que explicaré en el capítulo siguiente; y porque los arcos y bóvedas se pueden fabricar ú de piedra ú de ladrillo de rosca ó tabicado, propondré las reglas que se deben observar en qualquiera caso de los sobredichos.

PROP. I. Problema.

Trazar y fabricar el arco recto semicircular ú de medio punto.

El modo de trazar este arco de medio punto, es bien fácil, pues solo consiste en describir dos semicírculos; uno para la dovela interior ó cóncava; y otro para la exterior ó convexâ; y encaminar y dirigir sus tiranteces al centro que sirvió para su descripcion, como queda dicho en la *Prop.* 9 *lib.* 1. Este arco es muy perfecto y seguro, con que lleve los competentes estribos para

ra

ra resistir sus empujos, como despues diré; y su vuelta empieza á mover de quadrado ó plano horizontal.

Para fabricar así el arco semicircular, como todos los demas, se hará primeramente su cimbria ó cerchon, que para este es bien fácil, por no ser mas que un semicírculo de madera ajustado á la vuelta ó dovela interior. Puédese fabricar el arco de Albañilería ú de piedra: siendo de Albañilería, ó es tabicado, que solo sirve para falseado y apariencia, ú de ladrillo de rosca; si es tabicado, se irán juntando y uniendo los ladrillos por sus lados siguiendo la cimbria ó cerchon; y no ha menester mas habilidad. El de ladrillo de rosca, hecho con buen yeso es muy fuerte, y en su fábrica se observará lo siguiente. 1. Se ha de cuidar, que las hiladas sean nones, para que la clave no venga en junta. 2. Se fixará el cintrel en el centro del arco, con el qual se dirigirán las tiranteces de sus hiladas perfectamente hácia el centro, las quales se han de ir echando igualmente á uno y otro lado del arco, cuidando vaya delantero el grueso del tendel en cada hilada: lo que se continuará, hasta que quede cerrado y concluido el arco.

Si se ha de fabricar de sillares, se obrará como se sigue. Supongamos, que sobre la recta AB (*fig.* 8.) se ha de formar un arco circular recto. Descrita primero su frente é icnografía, como se dixo en la *Propos.* 9 *lib.* 1, se tirará la AR, igual á la latitud del arco ó crasicie de la pared: tírese asimismo BO, igual y paralela á la AR, y júntese la RO; y de cada punto de la division de la AB, tírense paralelas á la misma AR, y en el rectángulo RB quedará formada la entera icnografía del arco. Hecho esto, córtese la plantilla de un paramento ó frente de una piedra, por exemplo, de la AE, (*fig.* 7.) y ajustándola sobre la piedra, se trabajará esta superficie; y formada esta, se formarán las de los lechos con solá la esquadra, por ser en este arco perpendiculares á la frente: con solá la plantilla sobredicha se trabajarán las demas piedras, sin que sean menester mas plantillas, por la igualdad y uniformidad que guarda este arco en todas sus piedras; y sus dovelas se moldearán con toda seguri-

ridad y acierto con el bayvel X. *Esto mismo se observará en la fábrica del cañon seguido de bóveda semicircular y recta, por la razon dicha arriba.*

Si se quisiere formar tambien plantilla para los lechos, se hará un rectángulo perfectamente igual y semejante al rectángulo AR, 3 3, (*fig.* 8.) y este será la plantilla para todos los lechos y sobrelechos.

Tambien si se quisiere cortar plantilla para la dovela interior, se formará un rectángulo, que tenga por un lado la misma AR; y por otro lado la cuerda ó subtensa de la porcion del arco 3E, (*fig.* 7.) que le toca á aquella piedra con esta plantilla, se trabajará plana la dovela interior, á quien se le dará despues la curvatura, ó usando de la porcion de círculo de madera ajustado á la cimbria, segun dixe en la *prop.* 7 *lib.* 1, ó con la plantilla del paramento, ó regla cercha ó bayvel.

En la misma forma que aquí se ha dicho, se trabajarán las piedras en los demas géneros de arcos rectos, sean elípticos ú de cordel, ó escarzano ú de pies iguales, &c. porque teniendo la plantilla ó exemplar de la frente con sola la esquadra, se trabajarán las demas superficies; pero con esta diferencia, que en el arco circular, sea de medio punto ó escarzano, singularmente si este mueve de salmer como es razon, las mismas plantillas de la primera piedra sirven para todas las demas: lo que no puede ser en los arcos de cordel elípticos, ni en los degenerantes, ni de pies desiguales, como por sí es manifiesto y verémos en las proposiciones siguientes.

PROP. II. Problema.

Describir y fabricar el arco escarzano. (*fig.* 9.)

El arco escarzano se acostumbra poner sobre las puertas y ventanas para cerrarlas con mayor seguridad por arriba. Su descripcion es la siguiente. Sea MN el ancho de la puerta ó ventana sobre que se ha de fabricar el arco: con la distancia MN, haciendo centro en M y N, descríbanse dos pequeños arcos, que se cruzarán en O,

y tirando las ONP, OMR, largas á discrecion, con la distancia OM, haciendo centro en O, descríbase el arco MN, que será la dovela interior; y cortando la MR igual á la crasicie del arco, desde el mismo punto O, con la distancia OR, se hará el arco RP, que será la dovela exterior, y quedará trazado el arco escarzano.

Su fábrica es la siguiente. Porque este arco mueve de salmer, como consta de su descripcion, lo primero de todo se fabricará dicho salmer á una y otra parte: prolónguese pues la MN hácia Q, y ajustando la saltaregla al ángulo PNQ, se labrarán con ella los salmeres: si fueren de piedra, se les dará con dicha saltaregla el ángulo PNQ; y si se fabricaren de ladrillo, puesto el un pie de dicho instrumento horizontalmente, de suerte que ajuste sobre la NQ, el otro dará la NP; y en cada hilada de ladrillo se irá el Artífice retirando, y con eso guardará la inclinacion NP.

Hechos los salmeres, se fabricará el arco, guardando las mismas reglas que dimos en la Propos. antecedente para el de medio punto; esto es, que si ha de ser de ladrillo de rosca, sean las hiladas nones, y se vayan dirigiendo con el cintrel, que se ha de fixar en el punto O, llevándole siempre delantero, y ganando en la dovela superior lo que él mismo demuestra. Si el arco ha de ser de piedras sillares, se cuidará sean nones, y hecha la plantilla para la primera piedra, se trabajarán con ella y con la esquadra todas sus superficies; y con el bayvel X las dobelas: y como todas las piedras sean semejantes é iguales, no se necesitará para ellas de otra plantilla, como dixe en la Proposicion pasada.

El Padre Dechales trat. 14 *lib.* 1 *Propos.* 9, *reprueba este género de arcos, diciendo usan de él los imperitos, y señala dos causas: la primera, porque ofende á la vista, por no formar, como es cierto, las primeras piedras ángulos rectos con la subtensa ó cuerda MN: la segunda, porque las piedras del medio y mas superiores rempujan con mayor facilidad á las inferiores, y estas tienen ménos resistencia contra aquellas. Pero aunque este arco incurra en estos inconvenientes, suponiendo, como supone el P. Dechales, que empiece moviendo de*

de quadrado á horizontalmente; pero cesan todos moviendo de salmer, miéntras que dicho movimiento quede manifiesto; pues asentando las primeras piedras sobre dicho salmer, hace la misma vista, y tiene la misma firmeza que la porcion EMH del arco de medio punto (fig. 7.) como es evidente; pero quedando oculto el salmer, como es forzoso, en las bóvedas, hace muy mala vista, por ser principio general comprobado con la experiencia, que todas las vueltas han de formar ángulos rectos con la cuerda de su concavidad, insistiendo sobre dicha cuerda perpendicularmente, como advierte bien el autor citado.

PROP. III. Problema.

Describir y fabricar el arco rebaxado.

Todos los arcos que no llegan á tener el medio punto enteramente; esto es, que su altura ó sagita es menor que su semidiámetro horizontal, se llaman *rebaxados*, entre los quales se puede tambien comprehender el *escarzano*, de que traté en la Proposicion pasada, separándole de los demas, por ser solamente una porcion del arco de medio punto, y muy desemejante de los que ahora he de explicar. Es el arco rebaxado una media elipse, ó muy semejante á ella: puédese formar por qualquiera de los modos siguientes.

Modo 1. Si se quiere trazar un arco rebaxado, á que tambien llaman *apaynelado* ó *carpanel*, se obrará de esta suerte. Sea (*fig.* 10.) NH el diámetro horizontal del claro que ha de tener el arco: divídase la NH en tres partes en M, L, y haciendo centro en estos puntos, con la distancia LM, descríbanse dos arcos que se corten en O: desde O, por el punto M, tírese la recta OMP; y asimismo por L tírese la OLI; y haciendo centro en O, con la distancia OP, hágase el arco PI; y haciendo centro en L, con la distancia LH, hágase el arco IH; y asimismo desde M el arco NP, y quedará descrita la dovela interior del arco. Córtese la NT igual á la crasicie

que ha de tener; y desde M, con la distancia MT, hágase el arco TR; y desde L el arco QV: y con la distancia OR, haciendo centro en O, hágase el arco RQ, y quedará trazado el arco.

Su fábrica es como se sigue. Este arco puede mover de salmer ú de quadrado, y esto es lo que parece mejor á la vista, aunque juzgo que el salmer le añade mayor firmeza. Suponiendo pues primeramente mueva de salmer, se formará este tirando la línea LF, y obrando en lo demas como se dixo en la proposicion antecedente. Hecho el salmer, si el arco ha de ser de ladrillo de rosca, se fixará el cintrel en L, y se irán echando las hiladas hasta Q, y á la otra parte se fixará en M para las hiladas hasta R: luego se fixará dicho cintrel en O, y con él se irán echando las hiladas de R hasta Q en la forma que se dixo en el escarzano. Y haciéndose de piedra las juntas, se encaminarán tambien á los mismos puntos, y se trabajarán las piedras como luego diré. Asimismo suponiendo mueva este arco de quadrado, ó sobre la horizontal TV, se fixará el cintrel en los mismos tres puntos M, L, O: de suerte, que habiendo de ser el arco de ladrillo, todas las hiladas de la porcion HI se regularán con el cintrel fixado en L; y asimismo las de NP con el cintrel fixado en M; y las de PSI con el cintrel fixado en O. Y de la misma suerte haciéndose el arco de sillares, las juntas que hubiere desde H hasta I irán hácia el punto L; las de N hasta P al punto M; y las de la porcion PSI al punto O, cuidando siempre, que así las hiladas de ladrillo como las piedras, sean nones. Otros fabrican este arco, fixando el cintrel solamente en el punto K, dirigiendo al dicho punto las hiladas si se hace de ladrillo; y las juntas si se fabrica de piedra; pero entiendo, que del modo ántes dicho hace mejor vista, y aun parece tendrá el arco mayor fortaleza.

Las piedras se labran de la misma manera que en los arcos antecedentes, solo que son menester diferentes plantillas para los parametros; porque la plantilla hecha para el parametro NE, sirve para todas las piedras de la porcion NR, y de su correspondiente HQ al otro lado; pero para las

las de la porcion PSQ se necesita de diferente plantilla, por ir las juntas á diferente centro que las sobredichas. *Si los arcos sobredichos se quieren rebaxar mas, se repartirá el diámetro horizontal NH en mas partes, y se obrará segun lo que dixe en el tratado de la Geometría práctica, lib. 2 Prop. 14; pero es mucho mejor qualquiera de los modos siguientes, por llevar la ventaja al sobredicho de poderse rebaxar los arcos á arbitrio del Artífice, aunque se le dé determinada la altura ó sagita de ellos.*

Modo 2. Sea AB el diámetro horizontal del arco; (*fig.* 11.) y sea CR la altura que ha de tener: córtense arbitrariamente, pero iguales las AS, BQ, CP: tírese la línea PQ, que se dividirá en dos partes iguales con la perpendicular MO, la qual cortará á la CR prolongada en O. Tírese desde O, por el punto Q, la línea OQZ; y por S, la OSI; y desde O, con la distancia OC, hágase el arco ICZ; y desde Q, con la distancia QZ, hágase el arco ZB; y desde S, el arco IA, y quedará formada la dovela interior del arco, y de los mismos centros se describirá la exterior. Trazado el arco en esta forma, se executará su fábrica de la misma suerte que se dixo en el antecedente.

Modo 3. Es el que expliqué en el lugar citado, *prop.* 16, y el que mas freqüentemente usan los Artífices; y porque se executa con un cordel, llaman comunmente *arco de cordel* al que se tornea con este artificio. Sea pues (*fig.* 12.) AH el mayor diámetro de la dovela ó vuelta interior del arco; y el semidiámetro menor ó sagita, sea OI perpendicular á AH: del punto I, con la distancia OA, señálense en el mayor diámetro los puntos C y E: tómese un cordel igual á AH; y fixando el un cabo en C, y el otro en E, el medio del cordel podrá justamente subir hasta I, y formará el triángulo CIE: póngase en I un lápiz, y váyase llevando hasta A y hasta H, conservando siempre el cordel tirante, y quedará descrita la circunferencia cóncava AIH. La exterior y convexâ se describirá de la misma suerte, determinando primero las LA, KI, HM; porque con la distancia OM, desde K, se determinarán los puntos en que se han de fixar los cabos del cordel que ha

de

de ser igual á LM. Lo que se debe observar para fabricar este arco se dirá despues.

Modo 4. Sea en la *fig.* 13. dado el diámetro mayor AB, y el semidiámetro menor CD. Para formar este arco tómese una regla de madera, y nótense en ella ambos semidiámetros mayor y menor de suerte, que GE se haga igual á CB; y FE, á CD. Váyase moviendo esta regla de suerte, que el punto F corra siempre por sobre CB y CA, y el punto G, por sobre CH; y con esto la extremidad E describirá el arco rebaxado, que será el mismo que si se describiese con el cordel.

Este arco puede mover de salmer y de quadrado: si mueve de salmer, se fixará el cintrel en el punto de la DH, donde concurriere la línea inclinada que forma el salmer, como se dixo en el escarzano, y con él se dirigirán las juntas de las piedras ó las hiladas de ladrillo; pero si moviere de quadrado, que es lo mejor, se podrá fixar el cintrel en el punto C; pero lo mas acertado es no darle punto determinado, sí valerse de la misma vara GE, como de cintrel, para dirigir las juntas de las piedras é hiladas de ladrillo, procurando en cada una ajustar el punto G en la CH, y el punto F en la CB, y dando á las hiladas y juntas aquel declivio que da la FE. En lo demas se observará lo mismo que en los antecedentes queda dicho.

Tambien se pueden formar las juntas del modo siguiente. Divídase la dovela interior del arco (*fig.* 12.) en partes iguales nones en B, D, &c. y haciendo centro en A y D, con una misma abertura de compas, háganse dos arcos que se crucen en G, y otros dos que se crucen en N; y tirando por G y N la FB, quedará formada esta junta; de la misma suerte se formarán las demas. Aunque los modos sobredichos de rebaxar los arcos y bóvedas son bastantes para el intento, añado el que se sigue por ser de grande utilidad en esta materia, y de que muchas veces usarémos en el discurso de este tratado. Procede como llaman algunos por *tranquiles*, infiriendo su delineacion del *arco fundamental*, que como dixe es el de medio punto, y sirve para reducir la diagonal á los formeros en los encuen-

cuentros de las bóvedas, especialmente en los ángulos de los cláustros.

Modo 5. (*fig.* 14.) Tírese la línea AB, larga á discrecion: levántese sobre ella la perpendicular DI, igual á la altura ó sagita que ha de tener el arco rebaxado; y con la DI fórmese el arco semicircular, describiendo sus dovelas como se dixo en la *Prop.* 1, y tirando juntamente las perpendiculares al diámetro AB, que le dividen, formando allí la icnografía del arco, como dixe en la *Prop.* 9 *lib.* 1. Hecho esto, tírese la línea AC igual al diámetro del arco rebaxado que se quiere describir, formando el ángulo BAC segun se quisiere: júntese la recta BC: háganse por cada division de la AB, paralelas á la BC, que cortarán á la AC, de la misma suerte que lo está la AB. De los puntos que dividen la AC, levántense perpendiculares, haciéndolas iguales cada una á su correspondiente en el arco fundamental AOB. Hecho esto, se irá guiando una línea curva por las extremidades de las perpendiculares, y quedará trazado el arco rebaxado, cuya altura será igual á la del arco fundamental, y su cuerda la AC: y últimamente juntando las extremidades de las perpendiculares que forman la dovela convexâ, cada una con su correspondiente en la dovela cóncava, se tendrán las juntas de las piedras.

Demonstr. Imagínese que el triángulo ABC está en el plano horizontal; y que sobre la línea AB está verticalmente elevado el arco circular; y que sobre la AC hay un plano vertical: esto supuesto, no hay duda, que si de todos los puntos del arco circular salen líneas perpendiculares al plano del mismo arco, y paralelas entre sí, que formarán un cilindro, que encontrando con el plano vertical puesto sobre la AC, quedará en virtud de este cortado obliqüamente: luego la seccion será elipse; y por ser las líneas que forman el cilindro paralelas al horizonte, será la perpendicular DO de la elipse, igual á la otra DO del arco circular, y así de las demas perpendiculares: luego haciendo esto mismo, segun la regla dada, quedará descrito el arco elíptico ó rebaxado AOC, con la altura OD como se deseaba.

Ad-

Adviértase, que segun este último modo de rebaxar el arco, las caras ó paramentos de arriba salen con ménos amplitud que los de los pies del arco, como se vé en la figura, siendo así, que la crasicie es igual en todas sus partes; lo que proviene de la obliqüidad con que se corta el medio cilindro, y por la misma razon las juntas de las piedras salen muy obliqüas, y entrambas cosas ofenderian notablemente la vista: por lo que solo se pondrá esto en execucion donde el arco no haga frente, como es en el encuentro de dos cañones cilíndricos de vuelta, que formen ángulo, donde por estar las piedras embebidas en la bóveda, no lleva lo sobredicho inconveniente alguno; ántes bien son aquellos los cortes que en dicho caso se requieren, como en varias partes verémos.

PROP. IV. Problema.

Describir y fabricar el arco levantado de punto.

El arco levantado de punto, puede ser *apuntado* ó *elíptico*. El primero se describe en la forma siguiente: Sobre la cuerda CD, (*fig.* 15.) y con la sagita AB, mayor que la semicuerda AC, se ha de formar un arco.

Operacion. De los puntos B y D, con una misma distancia arbitraria, háganse las intersecciones E, F, y tirando por ellas la recta EF, cortará la cuerda en G: hágase centro en G, y con la distancia GB, hágase el arco DB: tómese AH igual á AG, y con la distancia HB, descríbase el arco BC; y describiendo de los mismos puntos la dovela interior, quedará trazado el arco que se llama *trespuntado ú de tercero punto*; porque á mas de los puntos D y A, necesita del tercero G para su descripcion. Si los arcos DB y BC fueren descritos como de centro de los mismos puntos C y D, se llamaria *arco apuntado*, á diferencia del sobredicho.

Siendo este arco de Cantería, se labrará con dos cintreles, que se fixarán en los puntos H, G: con el de H se labrará el medio BC; y con el otro el DB, encaminando las juntas en este al punto G, y en el otro al pun-

punto H: y con sola una plantilla para la cara de una piedra, se labrarán todas las demas como en el arco de medio punto, usando de la esquadra para labrar las demas superficies, segun se dixo en la *prop.* 1. y del bayvel X para moldear sus dovelas. Han de ser tambien sus piedras nones, para que una de ellas forme la clave.

Siendo de ladrillo, se puede labrar con los dos cintreles arriba dichos; pero lleva el inconveniente, que concluida la dovela interior ó cóncava, queda aun sin acabarse la exterior ó convexâ, como se vé en ML; y por esta causa llenan algunos aquel vacío con ladrillos puestos de plano horizontalmente: puédese tambien labrar con un solo cintrel fixado en A; pero salen las hiladas muy obliqüas, y parecen mal á la vista. Lo mejor parece labrarle con los dos cintreles H y G; y en acercándose á la clave, irles poco á poco retirando hácia el punto A, y con esto se ordenarán las hiladas con buena proporcion.

Son estos arcos propios del órden Gótico, y á mas de no ser hermosos, son algo débiles cerca de sus tercios I, K, singularmente sino están bien cargados en la clave B; porque el peso que carga sobre sus lados rempuja con su impulso la clave hácia arriba; pero tienen la conveniencia de impeler las paredes de sus lados mucho ménos que las otras especies de arcos; y por consiguiente necesitan de ménos estribos, y pueden sustentar mucho peso.

Si en lugar del arco apuntado se quisiere formar arco elíptico levantado de punto, haciendo que la sagita sea el mayor semidiámetro de la elipse, se hará su descripcion por qualquiera de los modos de la propos. pasada, solo que los centros de su delineacion y fábrica, se han de tomar en el diámetro horizontal prolongado á una y otra parte: por no tener especial dificultad, no me detengo mas en su explicacion; puédese tambien formar por tranquiles como el rebaxado, usando de las mismas reglas del *Modo* 5. proposicion antecedente.

PROP.

PROP. V. Problema.

Describir y fabricar qualquier arco de pies desiguales. (fig. 16.)

Este género de arcos es propio de la Arquitectura obliqüa, y suelen edificarse sobre planos inclinados al horizonte; porque si sobre la línea AB inclinada al horizonte, se formase un arco semicircular, serian sus pies perpendiculares al plano AB, y por consiguiente no insistirian perpendicularmente sobre el horizonte; lo qual se requiere, no solo para la hermosura, si tambien para la firmeza de la obra: con que en estos casos necesariamente se ha de fabricar arco de pies desiguales. Su descripcion es como se sigue.

Tírese la línea horizontal AC, y la perpendicular BC: añádasele á la dicha horizontal en seguida la CE, igual á CB: tírese BD paralela á AC: divídase la AE por medio en F, desde donde se levantará la perpendicular FDG. Hecho esto, del centro F, con la distancia FA, descríbase el quadrante AG; y del centro D, con la distancia DB, descríbase el quadrante BG, y quedará formado el arco que se pretende; porque este segundo quadrante se unirá perfectamente con el primero en G; porque siendo iguales FE, FG, como tambien las FD, ó CB, y CE por construccion, quitadas estas de aquellas, restarán iguales las DG y FC, ó DB. La periferia convexâ se describirá de los mismos centros.

Este arco se labrará con dos cintreles, el uno fixado en F, y el otro en D: con el primero se labrará el arco AG, y con el segundo lo restante GB; y se procederá en su fábrica como en la del arco de medio punto, *Propos.* 1, por componerse de dos quadrantes de círculo.

Si importare describir arcos rebaxados elípticos de pies desiguales en lugar de los quadrantes de círculo AG, GB, se describirán quadrantes de elipses por qualquiera de los modos explicados en la *Propos.* 3, y tambien se podrá obrar en la forma siguiente: Descrito primeramen-

mente el arco de pies desiguales compuesto de dos quadrantes de círculo en la forma arriba dicha, se tirarán perpendiculares de las juntas de las piedras á la horizontal AC, y servirá el arco descrito de fundamental para rebaxar otro qualquiera de pies desiguales, procediendo por tranquiles en la misma forma que se rebaxáron los de pies iguales por el *Modo* 5 *Prop.* 3, y asimismo se podrán trazar los de punto levantado. No añado mas explicacion por ser de sí bastantemente claro.

PROP. VI. Problema.

Describir y fabricar los arcos degenerantes.

Llamo *arcos degenerantes* á aquellos cuyas piedras estando unidas entre sí de la misma manera que en los arcos, no se terminan en figura circular, si en otra muy distante: algunos vienen á terminarse en línea recta por abaxo, ó tambien por arriba, y estos se llaman *degenerantes en línea recta*, y *adintelados* ó *á nivel*. Otros degeneran en poligonos, extendiéndose sus piedras hasta formarles. Tambien pueden degenerar los arcos de circulares en elípticos, y de elípticos en línea recta. El modo de trazarles es el siguiente.

Pídese que sobre la línea AB, que representa al ancho de una puerta ó ventana, se describa un arco degenerante en línea recta. *Operacion.* Divídase la AB por medio en G: (*fig.* 17.) tírese la FG perpendicular á la AB, y que sea igual á GB; y con la distancia FB, haciendo centro en F, descríbase el arco ACB: divídase este arco en partes iguales y nones: y tirando rectas del punto F por cada division, se terminarán en la AB, y en su paralela DE; y estas serán las juntas de las piedras, y quedará delineado el arco.

Si este arco fuere de ladrillo, se pondrán primeramente unas tablas ó maderos en AB, que servirán de cimbria, y formados los salmares se fixará el cintrel en F, y se irán echando las hiladas que han de ser nones, de la misma manera que en los demas hemos dicho. Y habien-

biendo de ser de sillares, se harán plantillas para las caras de las piedras y los lechos; y las demas superficies se sacarán á esquadra; y sus dovelas se tornearán con la saltaregla. Sirven ordinariamente estos arcos para cerrar por arriba las puertas y ventanas quadradas, que por ser grandes, ó no hay piedras tan largas que basten á cerrarlas, ó aunque las haya, se asegura muy poco con ellas su permanencia, por abrirse regularmente por medio con su propio peso ayudado del que se les carga encima: y con este género de arcos se le da á la puerta la figura quadrada, y se asegura juntamente su firmeza: porque la piedra C del medio no puede caer, si no es que falten las de los lados, por ser mas ancha por arriba; y asimismo las que se siguen no pueden deslizar sin que falten las últimas, ni estas pueden caer sin que falten las paredes que las mantienen: pero se debe cuidar mucho estén las piedras extremas bien ajustadas, para que no floxéen por el impulso que las de en medio les imprimen hácia uno y otro lado; y para prevenir este inconveniente, conviene que en cada piedra se haga el recodo que se vé en la figura, formándole, no en la cara, sí unos tres dedos distante de ella; por esta misma causa necesitan estos arcos de grandes estribos, y no se deben fabricar sino en medio de paredes continuadas á entrambas partes.

De la misma suerte se formarán los arcos que degeneran en qualesquiera polígonos inscriptibles en el semicírculo, alargando solamente las piedras que forman el arco semicircular por la parte cóncava hasta las cuerdas ó lados del polígono; los quales tendrán la misma firmeza que el arco sobredicho.

Tambien se formarán de la misma suerte los arcos que degeneran de circulares en elípticos, haciendo que las piedras que se terminan en la recta AB, se terminen en una línea oval ó elíptica. Y asimismo se hará que el arco elíptico degenere en línea recta, solo con hacer que el arco ACB sea porcion, no de círculo, sí de elipse; pero el descrito arriba es el que ordinariamente se practica.

De

De aquí se colige tambien el modo de formar los arcos pendientes, cuyos pies de una parte se juntan en uno que no llega al suelo, quedando al parecer entrambos arcos pendientes en el ayre, como se vé en la *fig.* 18. Fabrícanse formando un arco elíptico rebaxado ú de cordel, y dexando la llave y sus colaterales tan largas, que lleguen á formar las dos periferias cóncavas de los arcos menores: y si acaso no bastasen las dichas piedras á formar el pie pendiente, se añadirán otras uniéndolas con las de arriba con gafas de hierro, lo que no lleva peligro alguno; pues lo mismo es cargar el arco elíptico con peso sobrepuesto á la clave, que con peso pendiente de ella. El método de su fábrica se colige de lo dicho en los antecedentes.

Seguíase aquí el tratar de los arcos capialzados; pero por llevar consigo no pequeña irregularidad, los dexo para el capítulo 2.

PROP. VII. Teorema.

Explícanse las diferentes obliqüidades que pueden tener los arcos. (fig. 19.)

Los arcos pueden ser obliqüos, ó por ser secciones obliqüas de un cilindro recto, ó por ser secciones obliqüas de un cilindro obliqüo. Para inteligencia de esto se ha de advertir lo que dixe en el *tratado* 3, que hay cilindros, que son esencialmente y por su naturaleza rectos; y otros que por su naturaleza son obliqüos. Cilindros circulares esencialmente rectos son aquellos, que si se cortan con un plano recto ó perpendicular á su exe, la seccion que resulta es círculo, tengan dichos cilindros ó no tengan basa circular; tal es el cilindro AD (*fig.* 19.) en el qual qualquiera seccion HD recta al exe GC, es círculo, aunque tuviese por basa la AF que no es círculo. Cilindros circulares esencialmente obliqüos, son aquellos que aunque tengan la basa circular, la seccion recta al exe no es círculo; tal es MP, cuya basa MN se supone circular, y la seccion RN recta al exe IK, no es círculo, como se demonstró en el *trat.* 8.

Su-

Suponiendo pues, que el cilindro recto AD, ó su mitad por lo largo sea un cañon de bóveda, si se corta por AB, HD, secciones rectas al exe, resultará un arco recto ó bóveda recta, por ser su exe perpendicular á su basa ó frente; pero si se corta por AF, TV, resultará un arco, que por ser su exe obliqüo á la basa ó frente, será obliqüo; pero por ser su cañon por su naturaleza recto, y tener la obliqüidad únicamente por la seccion que forma su frente, se llamará *obliqüo por frente*, ó *á viage por frente*. Supongamos ahora sea MOPN un cañon de bóveda, y que se corte por RS, y resultará el arco ó bóveda MS esencialmente obliqüo, por ser seccion de un cilindro esencialmente obliqüo ú escaleno. De que se sigue, que el primer arco sobredicho tendrá la frente rebaxada y elíptica, y el segundo la tendrá circular. Y esto mismo que se ha dicho de los cilindros circulares, se ha de tener respectivamente tambien de los elípticos.

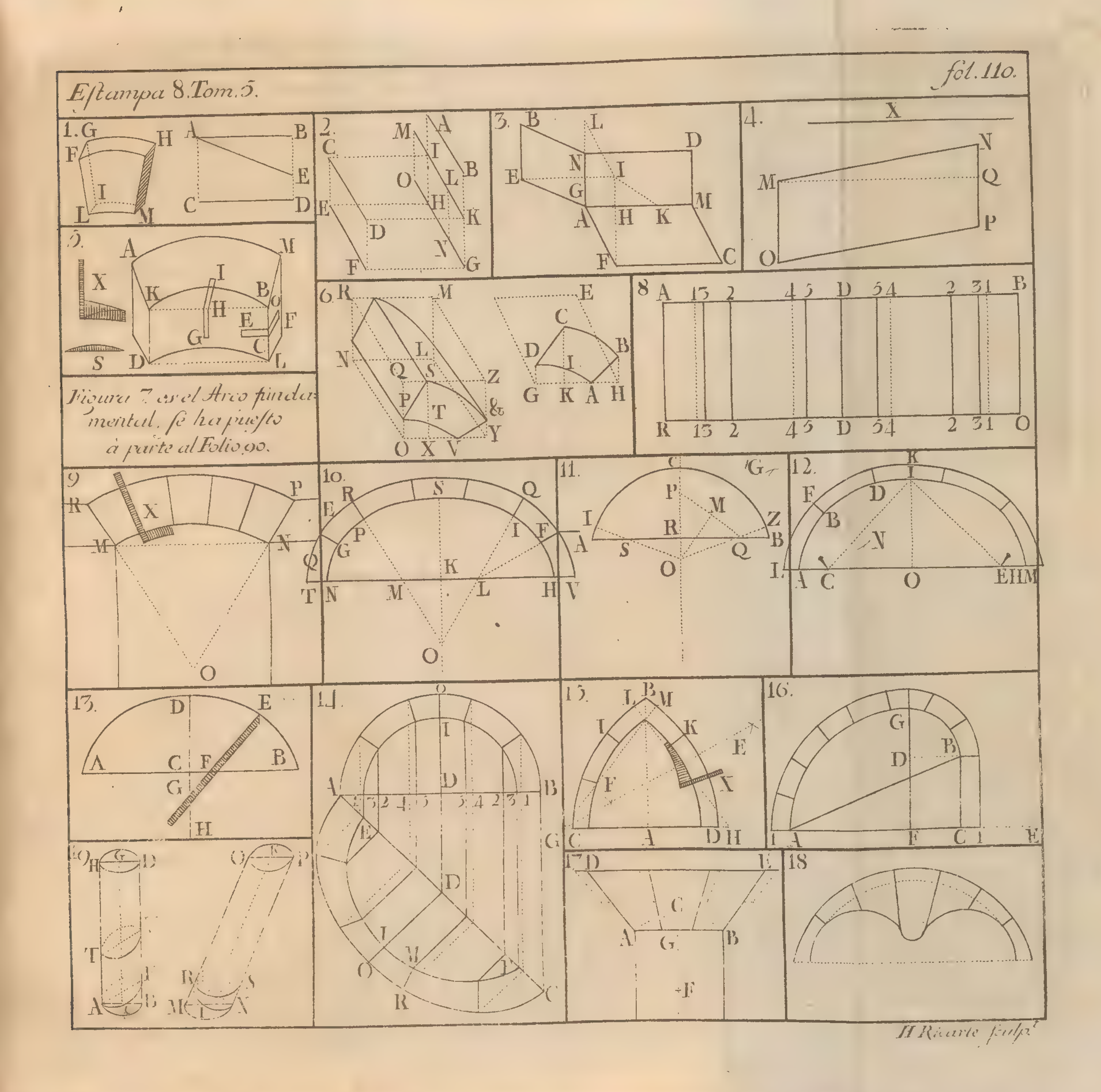
PROP. VIII. Problema.

Describir y fabricar qualquiera género de arcos, que por una frente sean rectos, y por otra obliqüos. (*figur.* 20.)

En esta y las siguientes Proposiciones hablaré generalmente de todas las especies de arcos referidas, por ser las prácticas que en ellas se enseñan indiferentes y adaptables con igual facilidad á todos los arcos, así de medio punto, como rebaxados ó levantados, así de pies iguales, como desiguales; por lo que bastará dar su explicacion en el arco de medio punto; pues lo que de este se dixere, se entenderá de la misma suerte en los otros.

Sea pues ABSR planta de una pared de desigual crasicie, por ser mayor en BS que en AR: y en ella se ha de fabricar un arco de medio punto, que segun la frente AB sea recto, y segun la RS obliqüo; esto es, que sea absolutamente recto, por ser seccion de un cilindro recto; y obliqüo ú aviajado solamente por la frente RS.

Ope-


Estampa 8. Tom. 5.
fol. 110.
Figura 7. es el Arco fundamental, se ha puesto à parte al Folio 90.
H Ricarte sculp.

Operacion. Descríbase sobre la AB el arco de medio punto con su icnografía, (9. 1.) y continúense sus perpendiculares hasta la RS. Descríbase sobre RS, si pareciere, el arco de igual altura al de medio punto, (3.) y quedará trazada la frente obliqüa del arco, y descrita toda su icnografía, con que se podrán cortar exâctamente las plantillas para labrarle. Pero ántes de todo será muy conveniente formar la idea de esta operacion por lo mucho que aprovechará para la clara inteligencia de todo lo que en adelante se ha de tratar. Imagínese pues sobre la AB levantado verticalmente el arco AOB, y que de todos los puntos de su periferia así cóncava como convexâ corran líneas paralelas á su exe: es claro, que estas formarán un cilindro circular recto y cóncavo; luego si este se corta con un plano obliqüo RS, esta seccion será elíptica: luego la frente del arco correspondiente sobre la RS, será rebaxada ú de cordel: y considerando planos verticales, que descienden por las líneas rectas, que á lo largo corren la dovela desde la AOB á la elíptica sobre RS, formarán en el suelo la planta de todas las juntas; y por consiguiente servirán estas líneas para cortar las plantillas por ser iguales á sus lados, (3. 1.) lo que se executará en la forma sigüiente.

1 Las plantillas para la frente del arco circular AOB, se forman como queda dicho en la *Prop.* 1.

2 Las plantillas para las juntas ó lechos se cortarán con gran facilidad; porque la línea A3 sirve de basa para todas, con la qual se sacarán á esquadra los lados, dándoles la magnitud que denotan las líneas mismas que en la icnografía proceden de dichas juntas: como para formar la plantilla del lecho A3 se hará el quadrilátero 1, que tenga por basa la A3, y sus lados sean iguales á las líneas AR, 3 3; y tirando la R3 quedará hecha la plantilla: para cortar la de la junta E, se tirará aparte en 2 la línea 1 2, igual á la misma A3 de la icnografía, de quien se sacarán á esquadra los lados, el uno igual á 1 1, y el otro á 2 2, que son los que proceden de dicha junta, y cerrando con la 1 2 quedará formada la plantilla; y así de las demas.

Las

3 Las plantillas para la parte cóncava de cada piedra, que primero se trabaja plana, se forman así: para la superficie de 3E, se tomará por basa la subtensa de 3E; y se tirarán á esquadra sus dos lados, el uno igual á 3, 3, y el orto á 2 2 sus correspondientes; y cerrando con una línea, quedará hecha su plantilla, como se vé en 3. Para la concavidad EF, se tomará por basa la subtênsa igual á EF, y sacando á esquadra el un lado igual á 4 4, y el otro á 5 5, será hecha su plantilla; y de la misma manera se harán las demas.

4 Ultimamente, si se quisieren cortar las plantillas de la frente obliqüa del arco que está sobre RS, se haria su descripcion por tranquiles, dándole igual altura á la del arco AOB, como en la *prop.* 3, y se cortarian las plantillas, como allí se dixo.

Si este arco se hubiere de labrar de la rodilla de rosca, se hará una cimbria de medio punto ajustada á la frente ó vuelta AOB, y con esta se labrará todo el cañon, por ser este de su naturaleza circular: á mas de esta se hará otra cimbria ajustada á la frente obliqüa que viene sobre RS, para que las hiladas terminen por aquella parte perfectamente en ella, las quales se echarán como en otros arcos, fixando siempre el cintrel en el exe del cañon, representado en la línea DD; porque hácia este han de ir las hiladas, como tambien las juntas de las piedras, lo qual se consigue fixando siempre el cintrel en el centro D de la cimbria, por no apartarse jamas este punto del exe del arco; y no porque la frente RS es de arco del cordel se ha de usar de diferentes cintreles, sí solo de uno en la forma dicha.

De lo dicho se colige el modo de trazar y fabricar las demas especies de arcos, quando se ofreciere haber de ser rectos por una frente, y obliqüos por la otra, pues no hay mas diferencia, que describir en lugar del arco AOB de medio punto qualquiera de los otros; y guardar en su fábrica las reglas que se diéron en las Proposiciones antecedentes.

PROP.

PROP. IX. Problema.

Describir y fabricar qualesquiera arcos de entrambas frentes obliqüas. (*fig.* 20.)

Supongo tambien, que este arco, como el pasado, es parte de un cilindro recto; pero cortado obliqüamente con los planos AM, RS, y sea por exemplo el dicho cilindro semicircular: pídese pues el modo de formar este arco.

Operacion. Hecha la misma descripcion de la proposicion antecedente, el paralelógramo RM será la icnografía de dicho arco; y describiendo tambien si pareciere sobre la RS, el arco rebaxado como en la *propos.* 13, se tendrá quanto es menester para cortar las plantillas de las piedras.

1 Las plantillas de la frente del arco rebaxado, que viene á caer sobre la RS, se cortarán de la misma manera que se dixo en la *propos.* 3, y suponiendo sean las RS, AM paralelas, las mismas plantillas servirán para entrambas frentes; pero si no fuesen paralelas, se habria de describir otra vez sobre la AB la frente del arco rebaxado de igual altura á la DO, procediendo por tranquiles, segun se dixo en la proposicion citada, y segun ella se cortarian sus plantillas en la forma dicha.

2 Para cortar las plantillas de los lechos se procederá de esta manera: la del lecho horizontal, que es el de la primera piedra, no tiene dificultad, porque es el paralelógramo romboyde AR3. Para el lecho siguiente se tirará aparte en X la línea 1 2, igual á la A3 del arco fundamental: tírense las perpendiculares 1 1, 2 2 iguales á sus correspondientes en dicho arco principal: córtense las 1G, 2H iguales tambien á sus correspondientes; y el paralelógramo G2 será la plantilla que se desea. De la misma manera se cortarán las de los demas lechos, tomando siempre del arco principal, con el órden referido, las líneas sus correspondientes.

3 Si se quisieren plantillas para la parte cóncava, co-

mo por exemplo para la de la primera piedra, se tirará aparte en Z la línea 3E igual á la subtensa 3E del arco fundamental: sáquese la perpendicular E2 igual á la 2 2, y la 3V igual á la 3 3; y cortando la EQ igual á la 2H, y la 3N igual á la 3N del arco fundamental, se perficionará el paralelógramo N2, que será la plantilla que se pretende. Otros modos hay para cortar las plantillas que vienen á coincidir con el sobredicho.

Si en lugar del cilindro y arco circular que hemos supuesto, se quisiere usar del arco y cilindro rebaxado, ú del de pies desiguales, se obraria respectivamente de la misma manera, tomando por fundamental el que se quisiere de los dichos.

El modo de formar los arcos esencialmente obliqüos, ó que son secciones de un cilindro obliqüo, se verá mas adelante.

Adviértase, que este género de arcos no empuja directamente el estribo, por lo que no seria seguro si fuese de gran luz y poca crasicie; pero siendo de mucha crasicie, quedará asegurado, por alcanzarle entónces gran parte de estribo, que reciba su empujo.

Todos los arcos y bóvedas que hasta aquí se han explicado, y asimismo todos los demas que se han de explicar, será muy conveniente se formen primero de yeso con todos sus cortes, con lo qual formará mejor su idea el Arquitecto, y asegurará mas el acierto.

PROP. X. Problema.

Describir y fabricar qualquiera género de arcos en un ángulo ó esquina. (fig. 21.)

Dos cosas se han de presuponer para que la fábrica de estos arcos sea firme y segura: la primera, que el ángulo no sea menor que recto; la segunda, que las paredes tengan bastante crasicie. Sean pues las paredes que forman ángulo, EDG, FCH, en las quales se ha de fabricar el arco. *Operacion.* Tírese la recta AB, y sobre ella descríbase el arco semicircular para fundamento, como el

el AOB de la *figura* 20. Alárguense todas las perpendiculares que baxan de las juntas, como se vé en la *fig.* 21. y se tendrá la icnografía: hágase ahora sobre la FC un medio arco con su altura igual á la DO del fundamental, por la *prop.* 3 *modo* 5, y se tendrá quanto se necesita para cortar las plantillas.

1 Para las frentes se tomarán las plantillas del medio arco descrito sobre la FC, como en los antecedentes, y estas mismas servirán para el otro medio arco, que corresponde sobre la CH, supuesto sean las FC, CH iguales; porque siendo desiguales, se habrá de describir otro medio arco sobre la CH, y de este se sacarian las plantillas para sus frentes.

2 Las plantillas para los lechos se cortarán tambien como en la propos. antecedente; porque la del primer lecho, que es horizontal, es el paralelógramo F9, para la del lecho de la segunda junta se cortará en la AB la 1 7 igual á la A3, y tirando del punto 7 una perpendicular, se cortará en ella 7 7 igual á la línea 2 2, y tirando la O7, y perficionando el paralelógramo, será este la plantilla para el lecho y sobrelecho de la segunda junta. La del tercer lecho se hará tomando en la AB la 5 8 igual á la A3; y tirando la perpendicular 8 8, se cortará en ella la porcion 8 8 igual á la línea 4 4, y perficionando el paralelógramo, se tendrá la plantilla que se pretende.

3 Las plantillas para las superficies de la dovela cóncava, como por exemplo, de la primera piedra en la parte DH se harán en esta forma: tírese aparte para mayor claridad la 2L igual á la subtensa de dicha piedra en el arco fundamental: sáquese la perpendicular LR igual á la línea 3 3, y la 2 2 igual á la 2 2 de la planta: córtese en la RL, ó sobre R ó debaxo, la MR igual á 3R, y asimismo la 2P, y juntando la PM perficiónese el paralelógramo PR, que será la plantilla.

Fúndase esta práctica, en que sobre la AB se supone levantado el arco recto fundamental de medio punto, cuya profundidad se continúa hasta las líneas FC, y que cortándole con la ED, solo queda la porcion del cañon com-

prehendida entre las líneas obliqüas ED, FC, de que resultan los cortes de las piedras segun se han descrito. De la misma suerte se procederia, si en lugar del arco de medio punto descrito sobre la AB, se describiese allí otro qualquiera.

Si se quisiere que los medios arcos que resultan sobre las FC, CH, fuesen de medio punto, se habia de empezar por estos la operacion, describiendo sobre las FC, CH unos quadrantes de círculo, que se dividirian en sus piedras iguales; y tirando de las divisiones perpendiculares á las FC, CH, quedarian estas divididas, como en la operacion pasada lo quedó AB: de cada division de las sobredichas se tirarian paralelas á la AF, y quedaria dividida la AB con diferentes divisiones que las que tienen en la *fig*. 20. Hecho esto, de cada division de la AB se levantarian perpendiculares iguales á los perpendículos de los medios arcos hechos sobre FC, CH; y se tendria todo lo necesario para cortar las plantillas de la misma suerte que se cortaron arriba.

PROP. XI. Teorema.

Explícase el empujo de los arcos, y los estribos que requieren para su firmeza.

Es indubitable que los arcos y bóvedas tienen gran fuerza contra las paredes de los lados, lo que proviene de tener sus piedras la figura de una cuña, que con el ímpetu de su innata gravedad, procurando caerse hácia el suelo, rempujan las del medio á las de los lados, y todas juntas á las paredes colaterales que las mantienen: por lo qual, para que estas puedan resistir al impulso que les imprime el arco, es forzoso tengan proporcionados refuerzos, que comunmente llamamos estribos; y para determinarles, es forzoso atender á la naturaleza del arco, y á la altitud de las paredes: porque los arcos, quanto mas rebaxados, tienen mayor empujo; y menor quanto fueren mas levantados de punto. Y es la razon, porque el impulso de los rebaxados se dirige por una línea, que huyendo de

de la perpendicular al centro de la tierra, se acerca mas á ser perpendicular contra las paredes, lo que le hace mas vigoroso contra ellas; pero los mas levantados de punto exercen su impulso por línea ménos distante de la perpendicular á la tierra, y por consiguiente es su impulso mas obliqüo contra las paredes, y ménos robusto.

Asimismo las paredes mas altas tienen ménos resistencia contra la fuerza del arco; porque el centro del movimiento que tendrian las paredes, caso que cediesen al empujo del arco, está en el pie de la pared sobre el suelo: luego así como una potencia con tanto ménos fuerza mueve una palanca, quanto se aplica en mayor distancia del centro ó punto de su movimiento, así el arco tanto mas fácilmente vencerá la resistencia de las paredes, quanto por ser estas mas altas, les imprime su impulso en lugar mas alto y apartado de su pie, que, como he dicho, es el centro de su movimiento. Para determinar pues los estribos que requieren los arcos, se suelen dar las reglas siguientes, fundadas mas en la experiencia, que en demonstracion Matemática.

Comunmente dan por regla general, que se divida en tres partes iguales la circunferencia interior del arco, sea este circular ó elíptico, ú otro qualquiera, como por exemplo ABC, (*fig.* 22.) cuya tercera parte sea BC. Tírese la recta BC larga á discrecion, y cortando la CD igual á la CB, se tirarán las perpendiculares CE, DF, y la línea ED será la cantidad del estribo que requiere el arco. Otros dan por regla general, que sean los estribos el tercio del diámetro AC, que es algo mas de lo que se determina por la regla primera. Pero lo cierto es, que en este punto se ha de estar á lo experimentado por los Artífices, que prudentemente atienden las varias circunstancias que pueden ocurrir; y parece requiere mas estribos el arco ó bóveda de piedra, que la de ladrillo de rosca; y esta mas que la de tabicado.

En quanto á la crasicie que ha de tener el arco, no hay regla fixa, sí que el prudente Arquitecto se la debe dar, atendiendo á la firmeza de la materia de que se fabrica, y al peso que ha de sustentar.

Si

Si se quisiere que un arco se mantenga seguro con poco ó casi ningun estribo, se hará su dovela superior trespuntada, aunque la inferior sea semicírculo, y sus tiranteces se encaminarán á los centros de la dovela superior; y siendo de piedra, con que se le hagan dos ó tres hiladas de ensarchado, no necesitará de mas estribos.

CAPITULO II.

DE LOS ARCOS Y BOVEDAS CILINDRICAS irregulares, tanto rectas como obliqüas.

EN el capítulo pasado se trató de las bóvedas y arcos regulares; esto es, que no llevan consigo irregularidad alguna de calidad que pueda causar mas dificultad en su formacion, que la que proviene de ser los cortes de sus frentes rectos ú obliqüos á sus exes. En este capítulo explicaré la formacion de los que, ó por razon del sitio en que se erigen, ú de otras fábricas con que se unen y encuentran, contraen varias irregularidades en sus cortes, que juzgo se comprehenderán con facilidad, habiéndose entendido las que se explicaron en el antecedente.

PROP. XII. Problema.

Formar los arcos y bóvedas circulares ó elípticos ú de pies desiguales en una pared escarpada ú de crasicie desigual. (*fig.* 23.)

Entiendo por *pared escarpada* aquella que tiene mayor crasicie en el pie, que arriba; de suerte, que vaya esta continuamente disminuyéndose, al paso que sube la pared: pídese pues, que en ella se forme un arco, sea circular ó rebaxado ú de pies desiguales, sin mas irregularidad que la que le dá dicha pared. Para formar la idea de este arco, se ha de imaginar un medio cilindro horizontal, que fenece en dicha pared, y es cortado por ella; por consiguiente dicho arco tendrá mayor crasicie en

sus

sus pies, que en su clave; y suponiendo ahora por exemplo sea dicho arco circular, se obrará en la forma siguiente.

Atiéndase la *fig.* 7. del arco fundamental, cuyo diámetro AB, es la AB de la *fig.* 23. con sus mismas notas y divisiones; y el radio ó sagita DO, sea tambien el mismo con sus mismas divisiones, aunque por ser menor la figura sea todo mas pequeño: tírese la DP de suerte que se forme el ángulo ODP igual á la inclinacion de la superficie de la pared; esto es, sea la OP igual á la diferencia de crasicie que tiene la pared en el pie del arco y en la clave, de suerte, que en D tenga la pared la crasicie AR, y en O se haya disminuido lo que dice la OP: tírense las líneas II, KK, LL, &c. paralelas á OP. Digo que en los puntos H y E (*fig.* 7.) del arco fundamental, la crasicie del arco será ménos que en A y B, lo que dice la línea II; (*fig.* 23.) y en los puntos E y G del mismo arco fundamental se habrá disminuido lo que dice la línea LL, y así en los demas puntos verticales. Esto supuesto, se formará la icnografía de este arco, y las plantillas de sus piedras en la forma siguiente.

Téngase presente juntamente con la *fig.* 23. la *fig.* 7. del arco fundamental; y porque en este baxa de E la perpendicular E2, la línea 2 2 sería la icnografía de la línea de la junta paralela al exe, si la crasicie de la pared no fuera subiendo en diminucion; pero porque sube en diminucion, se cortará de la línea 2 2, la línea 2 8 igual á la II su correspondiente. (*fig.* 23.) Tambien de la línea 1 1 se cortará la 1 9 igual á KK su correspondiente, y se tendrá en la icnografía RB, la 8 2 igual á la crasicie de la extremidad E de la primera piedra del arco principal en la parte cóncava, y la 9 1 será la crasicie de la misma piedra en la extremidad K de la parte convexâ. De esta misma suerte se determinará en el dicho rectángulo RB, la crasicie que le toca á qualquiera piedra en las extremidades de sus lechos, así en la parte cóncava, como en la convexâ; y se habrá concluido la icnografía, en la qual se podrán guiar dos líneas cur-

curvas por los puntos señalados que pertenecerán, una á lo cóncavo del arco, y otra á lo convexô.

Las plantillas se cortarán en la forma siguiente; y supuesto que las piedras de la una parte del arco son iguales y semejantes á las de la otra, las mismas plantillas servirán para las piedras de entrambas partes: pídense pues primeramente las plantillas de la primera piedra AE, que como en las demas, podrán ser cinco diferentes; esto es, las de los dos lechos, de los dos paramentos ó frentes, y la de la concavidad. La del lecho inferior y horizontal, es el mismo rectángulo R3, por no haberse aun disminuido allí la pared. Para formar la del lecho superior correspondiente á E, se atenderá á su icnografía en el rectángulo RB, y se hallará ser 1 2. Tírense pues aparte las líneas 1 1, 2 2 iguales á las sobredichas; pero distantes entre sí quanto es la A3, y quedará hecho el rectángulo 1 1, 2 2; córtese en la 1 1 la 1 9 igual á la 1 9 de la icnografía; y en la 2 2 la 2 8 igual á la 2 8 de la misma icnografía; y tirando la 9 8 será el trapezio 1 9, 2 8 la plantilla que se desea.

Para formar ahora la tercera plantilla, que es la de la concavidad 3E, (*fig.* 7.) trasládase aparte la línea 3 3 de la icnografía, por quanto en el punto 3, que es el pie del arco, aun no se disminuyó la pared: hágase la línea 3 2 igual á la subtensa 3E del arco fundamental; y tirando la línea 2 2 igual á la correspondiente en la icnografía, ó á la misma 3 3, se perficionará el rectángulo 3 3, 2 2. De la línea 2 2 de la icnografía se tomará la 2 8, y se pasará á la línea 2 2 del rectángulo sobredicho, y se notará el punto 8, y tirando la recta 3 8 se habrá formado el trapezio 3 3, 2 8, que es la plantilla de la concavidad, á quien se dará la curvatura, como en otras partes queda dicho.

Para cortar las plantillas de la piedra EF se formará como ántes el rectángulo 4 4 5 5 igual al R3, y porque la icnografía horizontal del lecho F son las líneas 4 4, 5 5, se notará en el rectángulo con los mismos números, y se cortarán de ellas los segmentos 4X, 5V iguales á sus correspondientes

respondientes en la icnografía ; y el trapezio X4, 5X será la plantilla para dicho lecho : el otro correspondiente á la junta E tiene la misma plantilla que ántes se formó para la piedra primera, por ser dicha junta comun á entrambas.

Para formar la plantilla de la concavidad de dicha piedra, se describirá aparte el rectángulo 2 2, 5 5 de las líneas 2 2, 5 5 sus correspondientes en la icnografía, dándole por basa la 2 5 igual á la subtensa EF del arco fundamental ; y de la 2 2 se cortará la 2 8 igual á su correspondiente en dicha icnografía ; y de la 5 5 la 5V igual tambien á su correspondiente ; y el trapezio 8 2 5V será la plantilla.

Si se quisieren formar plantillas para las caras, se advertirá, que la de la cara interior es la misma que pinta el arco fundamental, por guardar por aquella parte la pared el plomo ; pero la de la cara exterior cuya icnografía cae hácia RS, ha de ser diferente ; porque estando en superficie inclinada, ha de ser mayor que la cara interior. Esto pues se conseguirá dando á cada punto las elevaciones señaladas en la línea inclinada DP ; esto es, al punto O de la clave se le dará la altura DP; y al punto M de la misma clave se le dará la altura DM de dicha inclinada : con que la MP será la altura que ha de tener la plantilla del paramento exterior de dicha clave, que como se vé, es mayor que la MO, que es la altura de su paramento ó frente interior ; y así se procederá en las demas, advirtiendo, que la curvatura, así cóncava como convexâ de esta frente, se apartará algo del medio punto ; porque la obliqüidad de aquella superficie la hace algun tanto levantada de punto, por ser su altura ó sagita la DP, que es mayor que la DO propia del medio punto ; y así se habrá de formar, segun dixe á lo último de la *propos.* 4.

Adviértase, que se puede excusar el trabajo de formar plantillas para los paramentos exteriores sobredichos y para la concavidad ; porque con solas las de los lechos, y las de los paramentos interiores que son á plomo, se pueden cortar las piedras en esta forma : Aplíquese primera-

ramente á la piedra la plantilla de la frente interior, y trabájese esta frente: luego con la esquadra se allanarán las superficies de los lechos, sobre quienes se aplicarán sus propias plantillas; y cortando segun estas las piedras, quedarán perfectos los lechos, y con sola la esquadra se podrán allanar y perficionar la concavidad y el paramento exterior.

Todo lo que aquí se ha explicado en el arco circular, vale tambien en los rebaxados, levantados y de pies desiguales, solo con que se describa por fundamental qualquiera de ellos en lugar del circular, y se forme su icnografía, así horizontal como vertical, como se dixo en las proposiciones pasadas; y con esta prevencion se obrará en lo demas, como en el circular, sin diferencia alguna. Si estos arcos ó bóvedas se hubieren de fabricar de ladrillo, se guardarán las reglas dadas en los antecedentes; y así juzgo no será menester mas explicacion.

PROP. XIII. Problema.

Formar un arco ó elíptico ú de pies desiguales, que por una frente sea recto, y por la otra encuentre rectamente con el lado de un cañon de bóveda cilíndrico y seguido.
(*fig.* 24.)

Para formar cabal concepto del encuentro de un arco con un cañon seguido de bóveda cilíndrica, se ha de imaginar sobre la AB descrito y levantado un arco, por exemplo, de medio punto, cuya longitud, siguiendo como siempre su exe, procede segun la línea DT, y las demas sus paralelas, continuándose hasta encontrar con la vuelta de un cañon de bóveda, que corre paralelo al plano del arco; esto es, á su diámetro AB. De que se sigue necesariamente, que sus piedras tendrán una superficie en el plano del mismo arco, y formarán su frente sobre la AB, que es su icnografía; pero la otra superficie opuesta se terminará en el cañon de la bóveda transversal, formando allí su superficie cóncava; y por quanto esta

esta tiene forma de arco, en lo mas superior estará apartada de la línea RS, ú del plano vertical que se imagina sobre RS: y las piedras del arco elevado sobre AB se habrán de extender hasta formar el cañon de la bóveda, corriendo unas mas, otras ménos, hasta llegar al dicho cañon. El modo de formar este arco y las plantillas de sus piedras, es el siguiente.

Sea la línea AB (*fig.* 24.) la misma del arco fundamental, con las mismas divisiones y cifras; y asimismo la DO perpendicular sea la sagita del arco fundamental con sus divisiones tomadas de la *fig.* 7. Y tirando las AR, BS iguales á la longitud de las primeras piedras ó pies del arco, perficiónese el paralelógramo RB, tirando las paralelas, que son la icnografía de las juntas de todas las piedras; las quales no pasarian de la RS si el arco no se hubiera de extender hasta encontrar con la bóveda. Supóngase, que la DO está en la pared que se imagina sobre la RS: hágase el arco DP, que sea porcion del que forma la bóveda, el qual se describirá con el radio igual al de la bóveda, si esta fuere circular; pero si fuere elíptica, el arco DP seria porcion de su elipse, y se formaria con sus propios puntos y diámetros. Hecho esto, de cada division de la DO se tirarán paralelas á la AB, terminándolas en la porcion del arco DP; y estas paralelas servirán para dar la competente longitud á las icnografías de las juntas, en esta forma: La DT se aumentará añadiéndole la TV igual á la línea OP: á la línea 4 se le añadirá la línea N, y á la línea 1 la línea M, y así á la otra parte: y tirando la curva por los puntos RI4V, se tendrá en plano la icnografía del corte de la dovela exterior del arco con la de la bóveda. Asimismo añadiendo á la DT la línea L, se tendrá el punto Q: y añadiendo á la línea 5 la línea K, se tendrá el otro punto 5; y añadiendo á la línea 2 la línea I, se tendrá el otro punto 2, y por estos puntos se describirá el corte de la dovela interior del arco con la de la bóveda. La razon de esto es clara; porque la vuelta de la bóveda que se levanta sobre la RS, corvándose se aparta de la RS, de la misma suerte que el arco

DP

DP se aparta de la DO : luego para que la junta DT llegue á alcanzar dicha bóveda, se habrá de alargar tanto, quanto es la línea OP; y asimismo respectivamente las demas juntas.

Con la preparacion sobredicha se cortarán las plantillas como se sigue. Primeramente las del paramento ó frente, que corresponden sobre la AB, son las mismas del arco recto de medio punto, que se describieron en la *prop*. 1. Y tambien los ángulos que forman los lechos con la concavidad, son los mismos; y por consiguiente se trabajarán con la misma regla cercha que aquellos; pero sus lados se extienden hasta buscar el cañon de la bóveda transversal; y así se trazarán sus plantillas en la forma siguiente. La del lecho E (*fig*. 7.) tiene por basa una línea igual á la A3, (*fig*. 24.) y sus lados son el uno 1 1, y el otro 2 2. El lecho F (*fig*. 7.) tiene por basa la misma A3, y por lados las líneas 4 4 y 5 5, y estas mismas plantillas sirven para la otra parte del arco. Las plantillas de la concavidad se harán así: La de la primera piedra AE del arco tendrá por basa la subtensa 3E, (*fig*. 7.) y sus lados serán 3 3 y 2 2, *fig*. 24. Y la de la siguiente EF tendrá por basa la subtensa EF, y por lados perpendiculares á dicha basa tendrá las líneas 2 2 y 5 5, las quales tambien servirán para la otra parte.

Pero es menester advertir, que así las plantillas de los lechos, como las de las concavidades, tienen curvo el lado que termina en la bóveda: y para darle la curvatura, es menester tirar una línea media entre sus lados en la icnografía, y pasarla á la plantilla, poniéndola en medio de sus lados, y paralela á ellos, por cuyas extremidades se guiará una línea curva, y será la que se pretende. Como porque los lados de la concavidad AE (*fig*. 7.) son en la *fig*. 24. las líneas 2 2 y 3 3, se tirará entre estas en la icnografía otra paralela á ellas; y se pasará á la plantilla en la forma dicha, como se vé en M, y asimismo en las de los lechos. Esto se explicará con mayor claridad en la *prop*. 15.

Estas plantillas bastan para trabajar las piedras de este arco; pero para moldear y perficionar sus paramentos

en

en la parte de la bóveda, se cortará una cercha ajustada á la curvatura de esta bóveda, la qual se debe aplicar á dichos paramentos siempre á plomo: lo que estando la piedra en el taller, se hará señalando con lápiz, ó con una cinceladura la línea que formará en ella el plomo despues de puesta en la obra; y esto se executará señalando en cada frente ó paramento recto una línea paralela á la DO, (*fig.* 7.) y de sus extremidades se sacarán líneas rectas, una por la dovela convexâ, y otra por la cóncava, paralelas á los lados de las juntas, hasta el paramento curvo, en el qual se unirán sus extremidades con otra línea; y esta será la vertical, ú del plomo que se pretende, á quien se aplicará siempre paralela la cercha, para perficionar los paramentos del arco que caen en la bóveda.

Si á mas de esto se quisieren hacer plantillas para los paramentos corvos, aunque no son menester, se tirará aparte la RS con sus divisiones, sobre las quales se levantarán perpendiculares en esta forma. Sobre la division 2 se levantará una perpendicular igual, no á la recta DI, (*fig.* 24.) si á la curva DI, y así las demas, haciéndolas iguales á las curvas que allí las corresponden; y llevando por las extremidades la línea curva, y haciendo lo demas que se suele quando se obra por tranquiles, quedarán formados estos paramentos, que se harán en materia flexîble, para que aplicando su diámetro sobre la RS, se ajusten los paramentos á lo curvo de la bóveda.

De esta misma suerte se procederá en otra qualquiera especie de arcos que lleguen á encontrar con la bóveda transversal, tomando por arco fundamental para la descripcion el que se pidiere. Y asimismo se obrará, aunque dicha bóveda en quien encuentran sea escarzana, rebaxada de cordel, ú de otra especie; pues solo se variará el arco DP, que debe ser el mismo de la bóveda, ó ajustado á su curvatura.

PROP.

PROP. XIV. Problema.

Formar un arco, que por una frente sea recto, y por la otra encuentre obliqüamente con un cañon de bóveda cilíndrica. (*fig.* 25.)

En la proposicion antecedente se describió un arco, que incurre en un cañon de bóveda rectamente; esto es, que el exe del arco es perpendicular al exe de la bóveda. En esta proposicion se explica la formacion del mismo arco, que incurre obliqüamente contra la bóveda; esto es, que su exe forma ángulos obliqüos con el exe de ella. Sea pues la AB el diámetro del arco recto semicircular; y la RS sea el lado de la bóveda. Alárguense á discrecion las líneas, que son la icnografía de las juntas: ajústese ahora la línea 13X igual á la OP de la *fig.* 24. y que sea perpendicular á la RS, lo qual se hará sacando del punto T la perpendicular TZ igual á la sobredicha OP; y tirando la Z13 paralela á la RS, de la misma manera se irán ajustando perpendicularmente las demas líneas N, M, L, K, I del triángulo de la *fig.* 24. y quedarán determinados los puntos 8, 10, 13, &c. que pertenecen á la dovela exterior del concurso ó corte del arco con la bóveda, y los puntos 9, 11, 12 que pertenecen á la dovela interior: y guiando por ellos una línea, quedarán formadas en la icnografía entrambas dovelas, y determinadas las icnografías de las juntas. La razon por que las líneas OP, N, M, &c. se ponen perpendiculares á la RS es, porque las sobredichas líneas son iguales á lo que la vuelta de la bóveda se aparta en diferentes puntos del plano vertical que se imagina sobre la RS, como se dixo en la proposicion pasada: lo qual se mide por las perpendiculares al dicho plano; luego tambien se han de hacer perpendiculares á la RS en la icnografía. De aquí se sacarán las plantillas como se sigue.

1 Las plantillas para los paramentos del arco, que corresponden sobre la AB, son las mismas del arco principal, *propos.* 1.

2 Las de los lechos se formarán rectangulares por la parte de AB; y para la del lecho E (*fig.* 7.) se tomará para basa la recta A3, ó una línea igual á la A3, y sus lados serán las líneas 1 8 y 2 9. (*fig.* 25.) Para la del lecho F se tomará para basa la misma A3, y sus lados serán 2 9 y 5 11, y así de las demas.

3 Las plantillas para las concavidades se formarán tomando por basa las subtensas de la concavidad de cada piedra; y por lados, los mismos que se tomaron para los lechos.

Los ángulos de los lechos, con las superficies cóncavas, son los mismos que en el arco principal: y formando, segun ellos, la regla cercha ó bayvel, con esta y las plantillas sobredichas se podrá trabajar todo el arco, sin que se necesite de formar plantillas para los paramentos de la frente obliqüa, que corresponde sobre la RS, observando en lo demas lo dicho en la proposicion antecedente.

PROP. XV. Problema.

Formar qualquiera género de arco por una frente recto, y que por la otra encuentre con la concavidad de una torre redonda; ó tambien que encuentre con lo cóncavo de una media naranja.
(*fig.* 26.)

Supóngase un arco recto, segun la frente correspondiente, sobre la línea AB, sea de medio punto ú rebaxado, &c. Mas por exemplo, supongamos sea el de medio punto, y que este se continúa hasta encontrar con la concavidad redonda RS de una torre: pídese su formacion.

Trasládense á la AB las divisiones mismas del arco fundamental, (*fig.* 7.) y tírense por ellas las perpendiculares continuadas hasta la concavidad RS, y se tendrá lo que es menester para formar las plantillas.

Las de los paramentos de la frente recta AB, son las mismas del arco fundamental, *propos.* 1. Las de los lechos se cortarán como en los antecedentes. Las del primer lecho,

cho, que asienta á nivel, es A3, 3R. La plantilla del lecho, que corresponde á E en el arco fundamental, (*fig.* 7.) tendrá por basa la línea A3, y por lados las líneas 1 1 y 2 2, que se sacarán á esquadra con la A3. La del lecho F tendrá la misma basa A3, y por lados las líneas 4 4 y 5 5, y así de las demas. Las plantillas de la parte cóncava se harán tambien de la misma suerte, pero tomando por basas las subtensas; y así la basa de la plantilla para la parte cóncava de la primera piedra, será 3E, y sus lados 3 3 y 2 2, que han de ser perpendiculares á dicha basa. Para la segunda piedra se tomará por basa la subtensa EF, y por lados las 2 2 y 5 5, y así en las demas. Con estas plantillas se cortarán las piedras, formando tambien una regla cercha ó bayvel, que tenga la curvatura propia del arco fundamental, y el ángulo de ella con los lechos, segun dixe en la proposicion antecedente.

Pero para que se vea claramente el modo de dar la curvatura, así á los lechos, como á las dovelas inferior y superior por la parte en que encuentran con la concavidad de la torre, lo explicaré en una de sus piedras, que es la que se representa aparte en Z, correspondiente á la HG del arco principal. (*fig.* 7.) Divídanse por medio, así las juntas, como las dovelas en los puntos S, Q, R, T, y de estos caigan las perpendiculares hasta la periferia cóncava de la torre, como se vé en Z. Hecho esto, para cortar la plantilla del lecho OG, se tirará aparte en X la línea 5 4 igual á OG, y luego las perpendiculares 5 5 y 4 4 iguales á sus correspondientes en la planta; y dividiendo el lado 5 4 por medio, se tirará de dicho punto otra perpendicular, que se hará igual á la que le corresponde en la planta entre las 5 5 y 4 4; y cogiendo los tres puntos con una línea curva, quedará formada la plantilla del lecho GO: de la misma manera se hará la de HP, valiéndose de las líneas de su icnografía.

Asimismo se hará tambien la de la concavidad GH, tirando aparte en V la línea 5 2 igual á GH; y sacando las perpendiculares 5 5 y 2 2 iguales á sus correspondientes en la planta, se tirará en igual distancia de ellas

la

la perpendicular nn igual tambien á su correspondiente; y llevando una línea por los tres puntos extremos, quedará hecha la plantilla ; y de la propia suerte se hará si pareciere la de la dovela superior convexâ. Todo esto se puede executar en la misma piedra con mucho acierto, despues de trabajados los lechos, y moldeadas las dovelas con el bayvel; porque con la sobredicha operacion se terminarán las dovelas y lechos conforme se requiere para que formen la concavidad de la torre. Téngase presente este modo de obrar, para que en semejantes ocasiones no sea menester repetirle.

Hecho lo sobredicho, se trabajarán las piedras fácilmente por la parte que forman el cóncavo de la torre, con una cercha ajustada á su concavidad, pero poniéndola siempre á nivel; esto es, segun aquellas líneas que señalaria el nivel en la piedra puesta en la obra, lo que se hará en esta forma aun estando la piedra en el taller. Sáquese del punto P del perfil una línea perpendicular á P1, hasta que toque la arista en el punto E; y esta misma se colocará del propio modo en la plantilla ó en la misma piedra, y la cercha se pondrá siempre paralela á ella, y se irá moldeando la cara de la piedra. Téngase tambien esto advertido, como lo que en la *prop.* 13 se dixo de la perpendicular, porque puede aprovechar en muchos casos.

Supongamos ahora haya de continuarse el sobredicho arco hasta terminarse en el cóncavo esférico de una media naranja, cuya planta sea el círculo RS. Para este caso se levantará la perpendicular DO igual á la sagita del arco fundamental con sus mismas divisiones, que son la icnografía vertical de este arco: (*propos.* 1) luego se describirá el arco DP, que sea segmento de un círculo máxîmo de la media naranja; esto es, que sea parte del quadrante de círculo, que baxando del polo ó clave de la media naranja, forme ángulos rectos con el círculo horizontal, que es su basa; y tirando la transversal OP paralela á AB, se tirarán tambien las paralelas N, M, &c. como se vé en la *fig.* 26. Con estas se describirá la icnografía del corte que hace el arco propuesto con la media naranja, en esta forma.

Las transversales del triángulo DOP se irán pasando baxo la periferia RXS, de suerte que se terminen por un cabo en ella, y por otro en las paralelas que baxan de la AB, dirigiéndose hácia el centro V, lo qual se podrá hacer, ó como en la proposicion pasada se tiró la X13, ó tambien poniendo la regla en V, y ajustando segun ella las transversales, de suerte que vengan justas entre la circunferencia RXS y la perpendicular su correspondiente. Adaptaráse pues la línea transversal OP en la XN; la transversal N se adaptará entre la circunferencia y su línea 4 4, y determinará en esta el punto T. La transversal K se ajustará entre la misma circunferencia, y la perpendicular 1 1, y se tendrá en esta el punto Q; y guiando una línea por los puntos RQTN, será esta la planta de lo convexô del corte del arco con la bóveda. Asimismo se describirá la planta de lo cóncavo, adaptando la transversal M, de X á M; la transversal L, desde la periferia á la línea 5 5, y la transversal I, desde la periferia á la línea 2 2, y tirando una línea por los puntos señalados. Con esto se tendrá quanto se necesita para cortar las plantillas.

Las de los lechos tienen por basa la línea A3, y las de la concavidad las subtensas del arco fundamental; y los lados de unas y otras serán las perpendiculares que baxan de la AB, como en otras ocasiones se ha dicho; pero tomadas precisamente hasta el punto, que con el artificio antecedente se señaló por término á cada una, como 4T, &c. dándole á cada plantilla por lados las perpendiculares propias, segun en otras queda explicado; advirtiendo, que todas las plantillas son rectangulares por la parte que miran la AB, por suponerse recto el arco segun dicha línea. De esta misma suerte se trazaria el mismo arco recto, que encontrase en una torre redonda, cuyo muro por la parte interior fuese escarpado, solo en que en lugar del arco DP se tiraria una recta, que formase el ángulo de la inclinacion de dicho muro.

PROP.

PROP. XVI. Problema.

Formar qualquier arco en una torre redonda, aunque sea escarpada. (*fig.* 27.)

1 Pídese la formacion de un arco, por exemplo, de medio punto en una torre redonda, cuyo muro suba á plomo, segun entrambas superficies. Tírese la recta AB igual al diámetro del arco: descríbase sobre ella el arco fundamental de medio punto, como se hizo en la *fig.* 7. ó trasládense de allí sus divisiones con las mismas notas en la AB: tírense las perpendiculares AF, BG, y dividiendo la AB por medio en D con una perpendicular, se tomará en esta desde D una porcion igual al semidiámetro de la circunferencia exterior de la torre, y con esa distancia se describirá el arco CDE, que será la planta de la porcion de dicha circunferencia, que ocupará el arco que se ha de fabricar: asimismo se describirá desde el mismo centro, con el semidiámetro de la circunferencia interior de la torre, el arco FTG, y quedará hecha la planta del segmento de la torre, que ocupará el arco: luego se tirarán de los puntos de la AB las perpendiculares, que lleguen hasta la circunferencia cóncava; y con esto se cortarán las plantillas en la forma siguiente.

Para hacer las de la frente convexâ del arco, se extenderá aparte en lugar capaz la línea curva CDE, de suerte que sea recta, y tenga sus divisiones 1 3, &c. De estas se levantarán otras tantas perpendiculares, que se harán iguales á las correspondientes en el arco fundamental; y guiando por ellas las líneas de las circunferencias, se habrá formado otro arco algo rebaxado, como se ha hecho en otras ocasiones; y así no le repito en la figura, y allí saldrán delineadas las plantillas de los paramentos de la frente convexâ del arco, la qual viene á corresponder sobre su planta CDE. De la misma suerte se formarán las de la frente cóncava FTG; pero se ha de advertir, que estas plantillas se deben cortar en materia

flexîble, que se pueda doblar sobre las piedras, á quienes se les dará la curvatura convexâ igual á la de la torre, con un segmento de cerchon cóncavo, segun la convexîdad CDE; y la cóncava, con un cerchon convexô, que ajuste con la concavidad FTG, cuidando se aplique siempre á la piedra segun nivel, para lo qual será conveniente señalar en las plantillas algunas líneas horizontales, que se podrán tirar en el mismo arco rebaxado, que se formó para hacerlas.

Las plantillas para los lechos se harán con facilidad, porque la del primer lecho es el trapezio CFHQ. Para el segundo lecho se tirará aparte la línea 1 2 igual á la A3. De sus extremidades tírense las perpendiculares 1 6, 2 7 iguales á sus correspondientes en la icnografía; y cortando de ellas las líneas 1 1 y 2 2 quedará hecha la plantilla, que será quasi romboyde 1 6, 7 2 con las basas 1 2, 6 7 algo curvas, cuya curvatura se les dará como se dixo en la proposicion pasada. De este mismo modo se harán las demas.

De la misma suerte se formarán las de la dovela cóncava del arco; tomando por basas las subtensas de las concavidades de las piedras del arco fundamental que se imagina sobre la AB; y así, para formar la plantilla de la concavidad de la primera piedra, se tomará de dicho arco (*fig.* 7.) la subtensa 3E, y se tirará aparte la línea 3 2 igual á la 3E; y tirando las perpendiculares 3H y 2 7 iguales á las de la icnografía sus correspondientes, se cortarán de estas las 3Q y 2 2 tambien tomadas de la misma icnografía; y tirando las Q2, H7 algo curvas, quedará formada la plántilla. Quán curvas hayan de ser estas líneas, es algo trabajoso el determinarlo; pero si se quiere mayor exâccion, se tirarán del medio de las concavidades de cada piedra del arco fundamental, otras perpendiculares á la AB, que dividirán tambien la icnografía AG, como se hizo en la proposicion pasada; y con ellas se determinará el punto de en medio de la curvatura de estas líneas, de la misma suerte que se han determinado los puntos Q2 y los H7, y por los tres puntos se

se describirá con mas certeza la línea curva ; y así en las demas plantillas.

2 Supongamos ahora , que la torre en que se ha de fabricar dicho arco , sea escarpada por la superficie exterior. En este caso se tirará la DO igual á la sagita del arco fundamental que se imagina sobre AB , y en ella se notarán los puntos N , M , &c. que son la icnografía vertical de dicho arco : luego se tirará la DP que forma el ángulo ODP igual á la declinacion del muro , ó á lo que se retira del perpendículo ; y tirando la OP paralela á AB , y de los puntos N , M , &c. las demas paralelas , se irán estas pasando á la línea DT , empezando siempre del punto D ; esto es , la DS se hará igual á la OP , y las demas se pasarán en la misma forma: luego se pondrá el pie del compas en el centro de la torre , y el otro se extenderá hasta las divisiones hechas en DS , y se describirán unas porciones de círculo que se terminen en las perpendiculares correspondientes á cada division ; y así el arco que sale de la division que se sigue sobre la S , se terminará en la perpendicular 5 , el de la division siguiente , en la perpendicular 4 , &c. luego se tirarán líneas rectas del centro de la torre por los puntos que terminan los arcos en las perpendiculares, y se podrán cortar las plantillas como se sigue.

Las de los lechos se cortarán como ántes se dixo , solo que así como se cortó la porcion 2 2 , se habrá de cortar algo mas ; esto es , lo que hay en la icnografía desde el punto 2 de la AB , hasta el círculo que termina en la línea 2 , y en el otro lado se cortará lo que hay desde 1 hasta el círculo que termina en esta línea , y así en las demas plantillas de los lechos. La razon es , porque estos segmentos que se quitan , son lo que la pared se disminuye en aquellos puntos.

Si se quisieren formar plantillas para los paramentos, se extenderá la curva CDE en línea recta , con las divisiones X , Z , &c. últimamente hechas ; y de estas divisiones se levantarán las perpendiculares iguales á las del arco fundamental , y se formará un otro arco , de cuyos paramentos se tomarán las plantillas para los del que se ha de

de fabricar, que se habrán de cortar en materia flexîble; y aunque estas plantillas no sean en rigor las que deben ser, por ser cónica la superficie de esta torre, que continuada feneceria en un punto; pero es tan poca la diferencia, que se puede despreciar. De aquí se colige el modo de trazar esta especie de arco, aunque fuese rebaxado, ú de pies desiguales, ú de otra forma.

PROP. XVII. Problema.

Formar un arco obliqüamente en una torre redonda. (*fig.* 28.)

Sea la AB la icnografía horizontal del arco fundamental con las acostumbradas divisiones, de las quales salgan las perpendiculares continuadas por toda la crasicie de la pared de la torre, que es CGEH, cuya parte convexâ ha de tocar en la línea AB á tanta distancia del medio, quanta se quisiere sea la obliqüidad del arco; y con solo esto se cortarán las plantillas.

1 Las de los paramentos de la parte convexâ CE, se harán extendiendo primeramente la CE en línea recta con sus divisiones, de las quales se levantarán las perpendiculares iguales á las correspondientes del arco fundamental, (*fig.* 7.) que se imagina sobre la AB; por cuyas extremidades se describirá un arco, en quien se tendrán las plantillas que se piden, y se habrán de cortar en materia flexîble, para que se puedan doblar sobre la superficie convexâ de la torre.

2 Las de los lechos se harán como en otras ocasiones se ha dicho: la del primer lecho horizontal en la una parte será el trapezio mixtilíneo CGOI, y en la otra el FE. La del segundo lecho se hará cortando en la misma icnografía, en la parte BO la línea 1 7 igual á la B3, y sacando la perpendicular del punto 7, se cortará de ella la línea 7 7 igual á la línea 2 2, y á toda la perpendicular 7 se le dará toda la magnitud de la perpendicular 2. Y tirando las líneas 1 7, y la del otro cabo algo cur-

curvas, quedará formada la plantilla, y así las demas.

3 Las de la superficie cóncava se formarán así: Supongamos por exemplo se ha de cortar la plantilla para la concavidad de la segunda piedra HG (*fig.* 7.) en el arco fundamental, cuyas perpendiculares son la 2 y la 5: tírese pues aparte, como se vé en A, la recta 5 2 igual á la cuerda del arco sobredicho HG; y sacando las perpendiculares 5X, 2Z iguales á las sobredichas sus correspondientes, se cortarán de ellas los segmentos 5 5 y 2 2 iguales á los que les corresponden en la *fig.* 27. y juntando los extremos con las líneas curvas, como dixe en la proposicion antecedente, quedará hecha la plantilla, y así las demas. De la misma suerte se obrará en otra qualquiera especie de arco; y de aquí se puede tambien colegir fácilmente el modo de trazar estos arcos, aunque encontrasen con alguna bóveda puesta en lo interior de la torre.

PROP. XVIII. Problema.

Trazar qualquiera especie de arco recto entre dos bóvedas. (*fig.* 29.)

Supónganse dos cañones seguidos de bóveda, cuyas curvaturas son LP y GH paralelos entre sí, y distantes por exemplo lo que expresa la LG; é importa fabricar un arco, que teniendo una frente en la bóveda LP, y la otra en GH, forme puerta ó tránsito de la una á la otra.

Operacion. Sea AB el diámetro horizontal del arco, con las divisiones ordinarias del fundamental, (*fig.* 7.) que es la icnografía horizontal de sus juntas. Divídase la LG por medio en D, con la perpendicular DO, igual á la sagita del arco, y con la icnografía vertical de sus juntas, por cuyas divisiones, que son las mismas de la *fig.* 7. se tirarán paralelas á la horizontal LG. Por las divisiones de la AB tírense perpendiculares, que pasen á una y otra parte: tómese ahora con el compas la DG, y pásese desde B arriba y abaxo, señalando puntos en la per-

perpendicular. Asimismo se pasará la paralela II del punto 2, á entrambas partes en la perpendicular que pasa por 2, la paralela L, á la perpendicular 5, la paralela M, á la perpendicular D; y por estos puntos se pasará la línea curva á una y otra parte. Asimismo se pasarán las otras paralelas á sus perpendiculares correspondientes; y guiando por sus puntos otra línea curva, quedará descrita la icnografía del arco, con todo lo que es menester para cortar sus plantillas.

1 Las de las frentes ó paramentos se harán tirando aparte la AB con sus divisiones, y levantando perpendiculares de cada division, y haciéndolas iguales cada una á la línea curva de la GH su correspondiente; con que saldrá la descripcion de la frente de un arco levantado de punto, cuyas divisiones ó partes serán las plantillas para los paramentos que caen en las bóvedas, las quales se cortarán, como en semejantes casos queda dicho, en materia flexîble.

2 Las plantillas para los lechos se cortarán como se sigue: La del lecho horizontal es el rectángulo AL, por no haberse aun contraido allí aumento alguno por lo curvo de las bóvedas. Para la del lecho siguiente se tirará aparte la línea 1 2 igual á la A3, que es la distancia entre la dovela exterior é interior del arco fundamental: trasládense las líneas 1 1 y 2 2 perpendicularmente arriba y abaxo de la línea transversal 1 2, y juntando los cabos con una línea, que habrá de ser algo curva, el trapezio V será la plantilla del segundo lecho; y en esta misma forma se harán las demas, tomando siempre para su latitud la A3.

3 Las que han de servir para las dovelas cóncavas, se tomarán para su latitud las cuerdas de su concavidad: como para la primera se hará la línea 3 2 igual á la cuerda de dicho arco en el fundamental: y de sus extremidades se tirarán las perpendiculares 3 3 y 2 2, como ántes, á entrambas partes; y el trapezio X será la plantilla.

Todo esto se funda, en que no es otra cosa este arco, que dos arcos rectos, que teniendo su frente recta sobre la

la AB, corren el uno á una parte y el otro á la opuesta, y encuentran con una bóveda seguida, en la misma forma que el arco explicado en la *prop.* 14, y así el modo de obrar es el mismo.

En las quatro proposiciones siguientes pongo la descripcion y fábrica de quatro maneras de arcos, cuyas diferencias conviene se tengan previstas: los tres primeros son escencialmente rectos, porque aunque su obliqüidad corra por todo el arco; pero una de sus dovelas, ó sea la convexâ, ó la cóncava, conserva siempre la rectitud, por tener su exe perpendicular al plano de su frente ó basa, lo que no observa el que describirêmos en quarto lugar, por lo qual es esencialmente obliqüo.

PROP. XIX. Problema.

Trazar un arco aviajado por sola una parte. (*fig.* 30.)

Sobre la LR, diámetro del arco, descríbase el arco recto y perfecto, por exemplo, de medio punto: tírense tambien sus juntas hácia su centro A, de cuyas extremidades desciendan del modo ordinario las perpendiculares al diámetro: escójase otro centro B apartado de A segun la cantidad del viage que ha de tener el arco; y con el intervalo BC, descríbase el semicírculo CKH, el qual determinará quanto ha de ser aviajado el arco; y la una frente será la que forman las dovelas paralelas LFR y GFC, que queda intacta; pero la otra será la contenida entre LFR ú otro su igual, que se considera mas adentro, y el arco HKC, la qual, como se vé en la figura, no es igual, si que queda cortada: con esta descripcion se formarán las plantillas.

1 Las de la frente intacta son las comprehendidas entre los arcos paralelos LFR, GEC; y las de la frente opuesta son las que se comprehenden entre los dos círculos LFR, HKC, que no son paralelos, como se expresa en la misma figura.

2 Las plantillas para los lechos se harán así. Tírese aparte la EF igual á la LG; y la perpendicular FG igual

igual á la crasicie ó profundidad del arco; y fórmese el rectángulo EG, el qual serviria sin duda de plantilla para todos los lechos, si el arco no fuere aviajado; pero por serlo es menester cortarle: y así se hará la GH igual á la GH de la figura mayor, la GI, á la GI; la GK, á la GK; y así de las demas; y el trapezio EFHL será la plantilla del primer lecho: EFIL para el segundo, &c. cada una para su correspondiente.

No hay necesidad de plantillas para las dovelas cóncavas; porque allanadas las frentes enteras, se extienden sobre ellas sus propias plantillas, y se les da su figura: luego con la esquadra se trabajan los lechos; y extendiendo sobre ellos sus plantillas, se les da la forma que han de tener, y se concluye la obra.

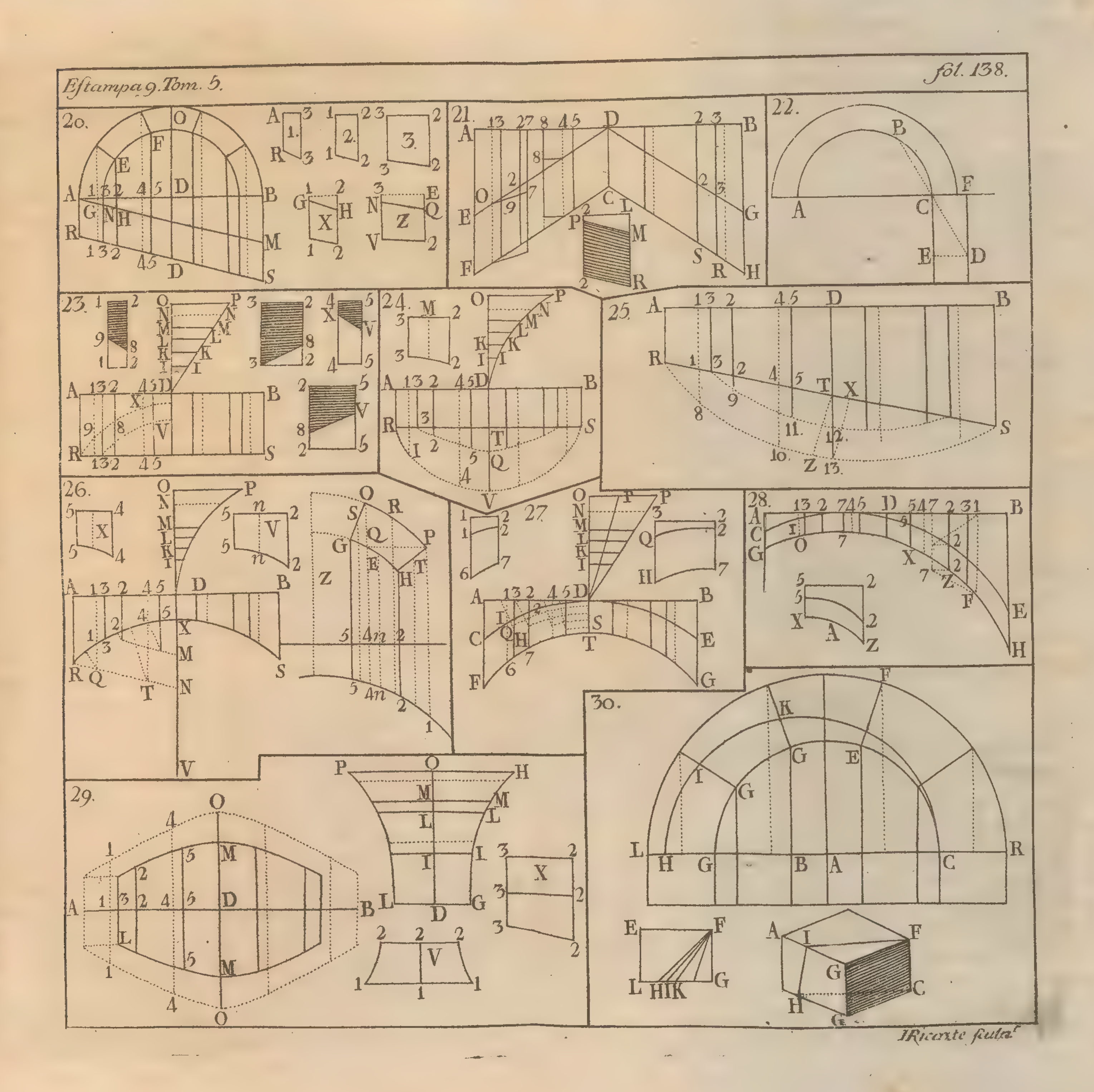
En este y los siguientes arcos á viage se trabajan con mas facilidad las piedras por el modo que dixe en la *prop.* 8 *lib.* 1; porque formándose primeramente la piedra AC, como para un arco ordinario, se notarán en ella las GI, GH iguales á sus correspondientes en la figura; y tirando las IF, HC, se cortará el pedazo IHGCF, y quedará formada la piedra; y así en las demas.

PROP. XX. Problema.

Describir un arco aviajado por entrambas frentes, pero imperfectamente.

El viage de que se habló en la proposicion pasada, corre por toda la crasicie del arco; porque empezando de la que está entera, corre hasta la opuesta, que está cortada con el arco de círculo excéntrico; pero en este se suponen cortadas entrambas frentes con los círculos excéntricos; y el viage que de cada una de ellas se imagina, solo se extiende hasta la mitad de la crasicie ó profundidad del arco; porque si pasase mas adelante, seria el arco del todo aviajado, de que hablarémos en la proposicion siguiente.

No es pues otra cosa este arco, que dos de los antecedentes, que vienen á juntarse por los planos de sus fren-


Estampa 9. Tom. 5.
fol. 138.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.
30.
J Ricarte scul.

frentes, teniendo encontradas sus secciones excéntricas; esto es, el un arco hácia la derecha, y el otro hácia la izquierda. El modo de trazar las plantillas y cortar sus piedras, es el mismo; y así no se necesita de mas difusa explicacion. Solo advierto, que las plantillas de los lechos serán medio quadrángulas, y medio trapezias, por no ser otro que dos plantillas semejantes á las de la proposicion pasada unidas encontradamente: y lo mismo digo de las que se formaren para las concavidades.

PROP. XXI. Problema.

Describir un arco totalmente aviajado. (*fig.* 31.)

Sea AC el diámetro del claro del arco que se pretende describir; y AB la distancia de la dovela interior y exterior. Divídase la AC en dos partes iguales en S; y de S, como centro, con el intervalo SA, hágase el semicírculo AHC: y dividiendo la BC tambien por medio, hágase el arco BLC, y quedará descrita la frente anterior del arco, que será BLCHA, y se supone corresponder sobre la PQ. Imagínese ahora el mismo semicírculo AHC en la frente opuesta interior del arco; y dividiendo la AD por medio, descríbase el semicírculo AND, y quedará descrita la frente interior que es DNAHC, y se imagina corresponder sobre la AD: y tirando las juntas hácia el centro S, se tendrá lo necesario para cortar sus piedras, que en este arco se hará mejor por el modo 2 de la *Prop.* 8 *lib.* 1.

Supóngase pues la primera piedra ABEF cortada como para un arco ordinario y recto, como se vé en X: córtese allí la línea AB igual á su correspondiente AB en la figura grande: y en el superior córtese la EF igual tambien á su correspondiente. En la frente opuesta en el punto inferior A, no se corte nada; pero en lo superior córtese FI igual al otro FI: y aplicando la cercha de la circunferencia exterior á los puntos B y E, señálese el arco BE; y tirando las EI, BA, se cortará todo lo superfluo de la piedra, dexando solamente la porcion ABEIFA.

Su-

Supóngase asimismo la segunda piedra, cuyo círculo interior es FH, cortada como para el arco recto y entero, como se vé en Z; y en la cara anterior córtense las FE, HL iguales á sus correspondientes; y en la cara opuesta é interior córtense las FI, HK iguales asimismo á sus correspondientes; y con la cercha exterior señálese el arco EL: y tirando las LK, EI, se cortará la piedra, dexando solamente la porcion FLHI.

Para formar la clave, se cortarán en su frente anterior las LH, MO; y en la interior las HK, MN; y aplicando la cercha, se señalará lo que se ha de cortar de la clave que saldrá algo tortuosa. De la misma suerte se trabajarán las piedras del otro lado.

PROP. XXII. Problema.

Describir qualquier arco perfectamente obliqüo. (*fig.* 32.)

Todos los arcos y bóvedas de que hasta aquí hemos hablado, son esencialmente rectos, aunque cortados obliqüamente: ahora empezamos á tratar de los que son esencialmente obliqüos; esto es, que son secciones de cilindros obliqüos: y todo lo que dirémos del arco, por exemplo, de medio punto, se entenderá de los rebaxados, levantados y de pies desiguales; pues suponiéndoles á estos por fundamentales, en todo lo demas se procede sin diferencia alguna.

Sea pues la recta AB el diámetro del arco: descríbase sobre ella el arco semicircular con sus juntas, perpendículos é icnografía. (*prop.* 7.) Tírese por su centro D el exe PO obliqüo, mas ó ménos, segun lo ha de ser el arco: por las divisiones de la AB tírense las paralelas, que serán la icnografía horizontal de las juntas: tírese tambien la FG perpendicular al exe PO, que lo será asimismo á todas las paralelas: y determinada la profundidad que ha de tener el arco, que supongo sea SR, se perficionará el paralelógramo TB, y quedará concluida la planta del arco para cortar sus plantillas.

1 Las de los paramentos de entrambas frentes son las

las mismas del arco fundamental. (*fig.* 7.)

2 Si se quiere formar regla cercha ó bayvel ajustado á los ángulos de los lechos con la concavidad, se tirará aparte una línea igual á la FG, con las mismas divisiones que hacen en esta las paralelas: de cada division se levantarán perpendiculares iguales á las del arco fundamental, cada una á su correspondiente: y tirando por sus extremidades las líneas curvas, quedará formado un arco recto, segun el *modo* 5 *prop.* 3, en la qual se verán claramente los ángulos de las juntas ó lechos con la superficie cóncava; y segun ellos, se cortará la regla cercha, la qual será certísima, por ser así el exe, como sus paralelas perpendiculares al plano del arco últimamente descrito, á quien ajusta la regla cercha ó bayvel.

3 Las plantillas para los lechos se harán como se sigue. La del lecho horizontal, que es el primero, es el paralelógramo AH de la misma planta. La del segundo lecho ha de tener por lados las paralelas 1 y 2, pero han de distar entre sí mas que en dicha planta. Tírese pues del punto 2 la recta 2 8, perpendicular á la línea 1. Y en una carta aparte tírese la recta 1 1 igual á la recta 1 de la planta: córtese en la que se tiró aparte la recta 1 8 igual á la 1 8 de la planta: del punto 8 levántese una perpendicular larga á discrecion: tómese con el compas la A3 de la planta, y poniendo en el punto 1 de la plantilla el un pie, con el otro se cortará la perpendicular que se levantó del punto 8, y tirando la 1 2, perficiónese el paralelógramo, y esta será la plantilla para el segundo lecho: consta de la *propos.* 6 *lib.* 1. La plantilla para el tercer lecho se cortará así. Porque sus lados han de ser las líneas 4 y 5 de la icnografía, se tirará como ántes la perpendicular 5 9, y aparte se hará la recta 4 4 igual á la línea 4 de la icnografía, y en ella se cortará la 4 9 igual á la de la planta: y levantando una perpendicular del punto 9, se ajustará la 4 5 igual á la A3, y se perficionará el paralelógramo, que será la plantilla que se pretende.

4 Las plantillas para la parte cóncava se harán del mis-

mismo modo que las antecedentes: la de la primera concavidad tiene por lados las líneas 3 y 2. Tírese pues del punto 2 la perpendicular 2 7, y en el papel aparte hágase la 3 3 igual á la línea 3 de la planta; y córtese en ella 3 7 igual á la porcion 3 7 de la misma planta: levántese la perpendicular del punto 7, y tomando con el compas la cuerda de la concavidad el arco fundamental, se ajustará de 3 á 2, y perficionando el paralelógramo, quedará hecha la plantilla, y así de las demas.

PROP. XXIII. Problema.

Trazar qualquiera especie de arco obliqüo entre dos bóvedas. (fig. 32.)

Sean como en la *Propos.* 18 dos cañones de bóveda, cuyas curvaturas son RO, SQ, distantes entre sí lo que dice la RS: y se ha de fabricar un arco obliqüo, que tenga una frente en la bóveda RO, y la otra en la SQ.

Operacion. Levántense las perpendiculares RO, SO iguales á la sagita del arco fundamental; y divididas en sus puntos, como en la *fig.* 7. tírense por las divisiones las OO, NN, &c. paralelas á RS: ajústense ahora perpendicularmente estas paralelas entre la TR y las líneas obliqüas, cada una á su correspondiente, de suerte, que siendo perpendiculares á la TR, corten las paralelas obliqüas, con lo que quedarán estas aumentadas, segun lo que cada una ha de menester para alcanzar la bóveda: como por exemplo, la OO servirá para aumentar la línea de en medio, adaptándola en la forma dicha; la NN, NN para la línea 4, la LL para la 5, la II para la 2, y así de las demas, como se vé en la figura; y lo mismo se hará sobre la AB, por suponerse correr por allí otra bóveda: con esto se podrán cortar las plantillas.

1 Las de las frentes se cortarán en materia flexíble, para que doblándose, se puedan ajustar á lo cóncavo de la bóveda. Para formarlas se tirará aparte la línea TR con las divisiones que nuevamente hicieron en ella las perpen-

pendiculares; esto es, con los puntos M, O, L, N, I, K: de estos puntos se levantarán perpendiculares iguales á las líneas curvas de los segmentos del arco RO, cada una á su correspondiente: como del punto K se levantará la perpendicular igual al arco RK; del punto I se levantará perpendicular igual al arco RI, y así de las demas: y tirando por las extremidades una línea curva, quedará formado un arco, en quien se hallarán delineadas las plantillas de las frentes, que se ajustarán á la concavidad de la bóveda. No he delineado este arco por entenderse toda la operacion fácilmente con lo dicho.

2 Para las plantillas de los lechos se formarán las mismas que en la proposicion pasada, como si no intervinieran las bóvedas; y añadiéndoles los aumentos que se han determinado ya en la icnografía, quedarán descritas: como por exemplo, á la plantilla, cuyos lados son 4 4 y 5 5, se añadirán á entrambas partes las líneas 4N, 5L iguales á sus correspondientes en la figura de la icnografía, y quedará formada la plantilla. La del primer lecho, que es horizontal, será el mismo paralelógramo AH.

3 Las de las dovelas cóncavas del arco se harán de la misma manera, añadiendo á las formadas en la proposicion antecedente los aumentos que para cada una corresponden en la icnografía.

Si así como este arco se termina en las bóvedas sobredichas, se terminase en una pared escarpada, estos mismos segmentos, en lugar de añadirles, se quitarian de los mismos lados, como se colige de lo que en otra parte se dixo.

PROP. XXIV. Problema.

Formar qualquiera especie de arco obliqüo en una torre redonda. (fig. 33.)

El arco que aquí delineamos es muy diferente del que se delineó en la *propos.* 17; porque allí se describió un arco recto; esto es, que es parte de un cilindro recto, pero que se formáse obliqüamente en una torre redonda,

da, ó que esta se cortase con obliqüidad; pero el que ahora se describe es por su naturaleza obliqüo, por ser parte de cilindro obliqüo: y de la misma suerte que se delineará el circular, se delinearán los rebaxados, levantados y de pies desiguales.

Operacion. Tírese la línea AB, diámetro del arco fundamental, con las mismas divisiones con que se halla dividida en la *prop.* 9 *lib.* 1 *fig.* 7. Tírense de cada division líneas paralelas al exe obliqüo del arco que se ha de describir, que traviesen la crasicie de la pared de la torre, que supongo sea RSVT. Tírese la BC perpendicular al exe, y por consiguiente á todas las paralelas, la qual será el diámetro del arco recto imaginario; y trasladándola aparte con todas las divisiones que hacen en ella las paralelas, se levantarán de dichas divisiones unas perpendiculares iguales á las del arco fundamental, y se habrá formado el arco recto sobredicho, cuyas juntas y concavidades formarán el ángulo de los lechos con las concavidades que ha de tener el arco que se fabrica; y así se cortará segun dicho ángulo la regla cercha, que servirá para cortar las piedras. Hecho esto, se formarán las plantillas como se sigue.

1 Si se quieren formar las plantillas para la frente convexâ RDS, se extenderá aparte la RDS de suerte, que sea línea recta con las mismas divisiones, de quienes se levantarán perpendiculares iguales á sus correspondientes en el arco fundamental, y quedará delineado un arco, cuyas frentes serán las plantillas que se desean; y se cortarán en materia flexîble, para que doblándose se adapten á la superficie curva de la torre. De la misma suerte se formarán las de las frentes de la concavidad TDV. La razon de esto es clara; porque imaginando levantado perpendicularmente sobre la AB el arco fundamental, todas las líneas que salen de las extremidades de sus juntas, y corren paralelas al horizonte, encontrando en la torre, vienen á herirla en puntos que distan del horizonte tanto, quanto sus correspondientes en el arco fundamental; y por consiguiente las perpendiculares de entrambos han de ser necesariamente iguales.

2 Las plantillas de los lechos se trazarán como se sigue. La del lecho primero y horizontal es la figura TY. La del segundo lecho se trazará tirando aparte la recta 1 2 igual, no á la A3, si á la línea CO del arco recto; y tirando por sus extremidades las perpendiculares 1 1, 2 2, que sean iguales á sus correspondientes en la planta TS, quedará formada la plantilla. Para la del tercer lecho se hará la 4 5 igual á la misma CO, y las perpendiculares se harán iguales por una y otra parte á las 4 y 5 sus correspondientes en dicha icnografía: la curvatura por los lados que están en la periferia de la torre, se hará como en la *proposicion* 15.

3 Las plantillas para la concavidad del arco, se harán tomando la O2 igual á una de las subtensas del arco recto, que se hizo aparte sobre la AB; y por sus extremidades se tirarán las perpendiculares, igualándolas con sus correspondientes en la icnografía, como para la primera piedra se hará la OY de la plantilla, igual á la OY de la icnografía; y la 2 2 á la 2 2, y así en las demas, tomando siempre la OY para transversal, y los lados iguales á los que fueren sus correspondientes.

De aquí se colige fácilmente el modo de trazar este arco, en caso que la torre fuere escarpada, pues solo seria menester ir acortando las líneas obliqüas que entran en la crasicie de la torre, segun se hizo en la *propos.* 16, y asimismo se procederia, caso que se hubiere de formar este arco obliqüo en un ángulo, formando su planta como en la *proposicion* 10, solo que las líneas cortarian con otra obliqüidad las paredes, por ser obliqüas á la AB.

PROP. XXV. Problema.

Describir qualquiera arco rectamente inclinado, que encuentra y se termina en un cañon de bóveda. (fig. 34.)

En esta y las siguientes proposiciones se explican los arcos inclinados; esto es, cuyo exe no es perpendicular á la frente ó basa del arco, sí que se inclina hácia

abaxo, los quales son por esta causa obliqüos; y en conseqüencia á lo dicho en la *propos.* 7, puede ser en ellos esta obliqüidad *accidental* ó *esencial*. Será accidental, si siendo porciones de cilindro recto, son cortados obliqüamente por sus frentes con planos ó paredes verticales; y será esencial, si son ellos porciones de cilindros obliqüos. Así unos como otros, á mas de la sobredicha obliqüidad, que podemos llamar *vertical*, pueden tener otra obliqüidad *lateral* ú *horizontal*, como la que tenian los arcos obliqüos, de que hasta ahora se ha tratado. A los que carecieren de esta segunda obliqüidad, llamarémos *rectamente inclinados*; y á los que la tuvieren, *obliqüamente inclinados*.

Lo principal que se requiere para describir y trazar estos arcos, es la formacion del arco recto; esto es, del arco cuya sagita es perpendicular al exe del inclinado ó declinante que se fabrica, el qual, aunque es un arco supuesto y como fingido, pero sirve para la descripcion del real y verdadero, cortando segun sus ángulos, las reglas cerchas y bayveles, como hemos visto en las proposiciones pasadas, y se verá en las siguientes.

Supongamos pues se ha de describir un arco, en quien el plano de su frente sea basa de un cilindro inclinado, cuya seccion será el arco, y por consiguiente será esencialmente obliqüo; y que dicha frente sea de un arco de medio punto, cuyo diámetro vertical sea DO: sea tambien el exe del arco la inclinada DD; y porque este arco ha de incurrir y terminarse en una bóveda, sea DC la seccion de esta, en quien se termine el arco. Háganse en la DO las divisiones mismas de la *prop.* 9 *lib.* 1, por las quales se tirarán las paralelas al exe, terminándolas en la vuelta DC. Tírese ahora del punto D la recta DE perpendicular al exe y á sus paralelas.

Hecho esto, se hallará fácilmente el arco recto, porque su sagita será la línea DE: córtense pues en las paralelas las HS, FG, &c. iguales á las líneas transversales sus correspondientes en el arco fundamental de la *fig.* 7. y tirando las curvas por sus extremidades, quedará formado el arco recto; y bastará formar su mitad como en la fi-

figura. Si pareciere, se podrá hacer aparte el arco recto, trasladando la línea AD, que sea el semidiámetro del arco fundamental con sus divisiones, y levantando de sus puntos las perpendiculares, pero no iguales á las DI, DK, &c. sí á las DF, DP, &c. y describiendo por sus extremidades la circunferencia. Hecho esto, se harán las plantillas como se sigue.

1 La del lecho horizontal será el rectángulo 3L, que tiene por lado menor la A3, y por el mayor la AL igual á la DD. El segundo lecho, que es el de la junta siguiente, se hará tirando la GG igual á la GG del arco recto; y tirando las perpendiculares, se cortará la línea GK igual á la PK; y la GR igual á la PR: y asimismo se hará la GI igual á la FI; y la GQ igual á la FQ; y el plano RKIQ será la plantilla, y así de las demas.

2 La plantilla de la concavidad G3 se hará tirando aparte la G3, y sacando perpendiculares á sus extremidades, de las quales la 3D ha de ser igual á la DD; la GI á la FI, y la GQ á la FQ; y el trapezio I 3 DQ será la plantilla, y así de las demas: pero la del cóncavo de la clave será un rectángulo, que ha de tener por un lado la HS duplicada, y por el otro la LT.

Si no hubiere encuentro con la bóveda DC, si que el muro fuese de igual crasicie, las longitudes de los lados que se han tomado hasta la DC, se tomarian hasta la DV; y si el muro fuese escarpado segun la DX, se tomarian hasta esta línea las longitudes sobredichas. Y si la pared fuere escarpada, segun la frente DO, se tiraria esta línea inclinada hácia la DE, segun fuere la cantidad de la escarpa.

3 Si se quisieren hacer plantillas para las frentes de las piedras del arco que formen la concavidad de la bóveda DC, se tiraria aparte el diámetro horizontal del arco fundamental con sus divisiones: y de estas se levantarian perpendiculares iguales, no á las DI, DK, &c. sí á los arcos DQ, DR, DT, y por sus extremidades se tiraria una línea curva, con que se formarian allí mismo las plantillas en plano, que se cortarian en

materia flexîble, para que se pudiesen ajustar á las concavidades. Tambien si feneciendo el arco en la escarpa DX, se quisieren formar plantillas para aquellas frentes, se obraria del mismo modo, tomando para las perpendiculares sobredichas las divisiones correspondientes en dicha DX.

Todo lo que en este caso se ha dicho del arco de medio punto, se debe asimismo entender del rebaxado ú de qualquiera otro, sin mas diferencia, que en lugar de tomar por fundamental el de medio punto, se habria de tomar el rebaxado ó el que se pidiere.

PROP. XXVI. Problema.

Describir un arco rectamente inclinado, que por la una frente sea recto y por la otra obliqüo.
(*fig.* 35.)

Nótese la práctica siguiente, porque servirá en muchos casos para cabal desempeño del Arquitecto. Para ella se ha de hacer primeramente lo mismo que en la proposicion pasada; esto es, tirar la DO, (*fig.* 34.) que es la sagita del arco fundamental con sus divisiones; y tirando tambien el exe inclinado DD, se tirarán por dichas divisiones las paralelas al exe; y tirada la perpendicular DE, se formará el arco recto. Hecho esto, se pasará á trazar el arco como se sigue.

Tírese la AB (*fig.* 35.) igual al diámetro horizontal del arco fundamental con sus acostumbradas divisiones; y sacando las perpendiculares AC, BD iguales á la crasicie de la pared, (que, como se supone, es mayor en AC, que en BD) se juntará la CD, y el trapezio CB será la planta de la pared. De las divisiones de la AB se tirarán las perpendiculares, que traviesen toda la pared hasta su superficie obliqüa CD. Añádase á la BA seguidamente la AO, igual á la sagita ó semidiámetro vertical del arco fundamental, tambien con sus divisiones acostumbradas. Tírese la inclinada AS, segun la inclinacion que ha de tener el arco, y por las divisiones de la AO háganse sus pa-

paralelas. Tírese tambien la AE perpendicular á la AS, y por consiguiente á todas sus paralelas. De todos los puntos de la línea obliqüa CD tírense paralelas á la AB, que llegue cada una precisamente hasta cortar la inclinada su correspondiente, en la qual se señalará el punto en que la cortare; como por exemplo, la paralela que sale del punto D, dará en la inclinada AS el punto G; la que sale del punto 1 dará en la inclinada K el punto Y; y asimismo la que viene del punto 3 dará en su correspondiente AS otro punto H; y así de las demas. Se han omitido estas paralelas en la figura, por evitar confusion.

Hecho esto, se formará el arco recto, como en la proposicion pasada: tirando aparte la AB con sus divisiones, y levantando de ellas las perpendiculares que se tomarán, no de la línea AO, sí de la AE; y en este arco se hallarán formados los ángulos que forman los lechos de las piedras con sus superficies cóncavas, y se cortarán las reglas cerchas ajustadas á los ángulos sobredichos. No he descrito este arco, por ser su práctica la misma que la de la proposicion antecedente. Con esto se cortarán las plantillas como se sigue.

1 Las de la frente AB son las mismas del arco fundamental.

2 Las de los primeros lechos, que en el caso presente son inclinados, y el uno mayor que el otro, se trazarán en esta forma. Tírese aparte la A3 igual á la A3 del arco fundamental, que es la distancia de la dovela cóncava á la convexâ: sáquense de sus extremidades las perpendiculares largas á discrecion: córtese 3G igual á AG; y la AH igual á la AH de la figura grande; y el trapezio AG será la plantilla del primer lecho del cabo B. Hágase tambien 3S igual á la AS; y la AR igual á la AR de la figura grande; y el trapezio AS será la plantilla del primer lecho del cabo A.

Para el segundo lecho se tirará la línea PQ igual á la segunda junta del arco recto que se formó aparte; y tirando los lados perpendiculares, se transferirán á ellos las PK, QI, PY, PZ, QV, QX, y será el trapezio

KV la plantilla del segundo lecho de la parte D, y el KK la del segundo de la parte A: en esta misma forma se cortarán las plantillas para los demas lechos.

3 Para las concavidades de este arco se harán las plantillas de esta manera. Para la primera se tirará aparte la AQ igual á la primera subtensa del arco recto: y tiradas las perpendiculares, se añadirá la QI igual á su correspondiente: luego se harán las AH, AR, IQ, QX iguales asimismo á sus correspondientes en la figura grande, y el trapezio IH será la plantilla de la concavidad menor, que es la que cae hácia B; y el trapezio IR será la del mayor que cae hácia A. La que ha de servir para la segunda concavidad, se hará de la misma suerte, tirando la Q8 igual á la subtensa segunda del arco recto, y sacando los lados perpendiculares, se trasladarán á ellos las divisiones de las paralelas sus correspondientes que son las IX, L7, y el trapezio LX será la plantilla de la concavidad mayor de la parte A; y LV será la de la concavidad menor hácia B. La tercera plantilla que es para la clave, se hará tirando la línea 8 8 igual á la subtensa de la clave del arco recto: y tirando las perpendiculares, se trasladarán á ellas de su correspondiente las 8L, 8L: y las 8 9, 8 7, y el trapezio L7 será la plantilla de la clave.

4 Las plantillas para la frente obliqüa que corresponde sobre CD, se harán tomando primero arbitrariamente la B& en la BD: y haciendo la AT de tal magnitud que exceda á la B& con el mismo exceso SG, en que la inclinada AS (que se ha de imaginar sobre la AC en un mismo plano vertical hasta el muro CD) excede á la inclinada AG, que es igual á la inclinada correspondiente en el mismo vertical sobre la BD hasta el muro, y tírese la línea T&: sobre esta línea, empezando de sus divisiones, se levantarán líneas verticales; esto es, perpendiculares á la AB, haciéndolas iguales cada una á su correspondiente en el arco fundamental, y resultará de ellas un arco de pies desiguales, por quedarse el punto & mas alto que el punto T; cuyas frentes servirán de plantillas para las frentes del arco, que corresponden so-

sobre las CD, el qual por esta parte será de pies desiguales.

Demonstr. Considérese, que por AB pasa á plomo una pared, y otra por CD; y que estas líneas están tiradas á un mismo nivel en dichas paredes, cada una en la suya. Esto supuesto, el punto A es el primero de que empieza la dovela exterior del arco, cuyo diámetro es AB; y porque este arco es inclinado, el punto correspondiente á A en la pared CD, y primero allí de la dovela exterior, estará mas baxo que A, quanta es la inclinacion; y como esta sea igual al ángulo CAS, si se considera la CS pendiente perpendicularmente hácia abaxo, será el punto S el principio de dicha dovela exterior en la pared CD. Imagínese ahora sobre el punto 2 de la AB levantada perpendicularmente una recta igual á la AI su correspondiente; (segun se puede ver en la *fig.* 7.) y por el punto 2 de la CD considérese otra perpendicular indefinida, que por consiguiente será paralela á la primera. Es claro, que si del punto mas alto de la primera perpendicular sale una línea inclinada con la misma inclinacion que tiene la AS ó IX, esta encontrará con la perpendicular segunda, que se levantó del punto 2 de la CD; y terminándose allí, quedará determinada su longitud IX: y como lo mismo sea obrar lo sobredicho, tirando en el plano del papel las líneas AI, y la paralela 2X, se sigue quedar bien determinado, segun nuestra práctica, el punto X, y longitud de la inclinada IX en el concurso de esta, con la paralela que sale del punto 2 de la CD. De la misma suerte se discurrirá en las demas, considerando las secciones de la AO puestas verticalmente en los puntos de la AB sus correspondientes.

Solo falta demonstrar, que la frente del arco que corresponde sobre la CD, es de pies desiguales, y que se describe con acierto por la regla dada. No hay duda en que el plano inclinado, que pasa por el exe del arco, y por sus dos pies A y B, continuado, cortará la pared que está sobre CD. Es tambien cierto, que por ser dicho plano inclinado por la parte AC mas larga, des-

desciende mas que por la BD, que es mas corta: luego el punto D queda mas alto que el punto C; y por consiguiente, el arco sobre CD tendrá el pie D mas corto que el pie C: luego es de pies desiguales.

Tambien la línea AS, es la longitud inclinada del arco por la parte AC. Asimismo la AG, es igual á la longitud inclinada del arco por la parte BD, como consta de lo dicho: de que se sigue, que si la AS se pusiere baxo la AC, y la AG baxo BD, y por sus cabos se tirase una línea, esta seria la seccion del plano inclinado arriba dicho con la pared obliqüa CD; y siendo la T& paralela á esta línea, en virtud del modo con que se describió, tendrá la T& la misma magnitud y obliqüidad que la sobredicha: luego siendo aquella el diámetro de la frente, que resulta de la comun seccion del arco con la pared obliqüa CD, lo mismo será obrar sobre ella, que sobre la T&. Teniendo pues la frente del arco sobre D la misma altura que el fundamental, se describirá bien dicha frente con las perpendiculares mismas del fundamental, levantadas sobre las divisiones de la T&, como hemos hecho: luego es cierta nuestra regla, la qual he querido demonstrar á la larga, por servir para muchos casos, y para que se haga mayor concepto del fundamento de semejantes operaciones.

PROP. XXVII. Problema.

Describir un arco rectamente inclinado, cortado obliqüamente por entrambas caras.
(fig. 36.)

El arco que ahora hemos de describir es un semicilindro, que tiene por basa un semicírculo vertical, y desciende rectamente con inclinacion; y es cortado obliqüamente por las dos superficies CB, DF, de la pared DB. La práctica será la misma que la de la proposicion antecedente.

Por quanto la recta BC es obliqüa al exe DX del arco, se tirará la AB perpendicular á dicho exe, y será el

el diámetro horizontal del arco fundamental: tírese la DD, que forme con la DA un ángulo igual al de la inclinacion que ha de tener el arco: añádase en derechura de la BA, la DO, sagita del mismo arco fundamental, con sus acostumbradas divisiones. Por las divisiones de la AB tírense las perpendiculares, que corran de la una á la otra superficie de la pared; y por las divisiones de la DO tírense paralelas á la DD, las quales denotarán los lados de los lechos que son paralelos al exe. Por las divisiones de la CB tírense ocultamente paralelas á la AB, y nótese el punto en que cada una de ellas corta á la inclinada su correspondiente: como por exemplo, la paralela que sale de C cortará la DD en E; la que sale de 1 cortará la KS su correspondiente en S, &c. con que las paralelas de los puntos C 1 4 D 4 1 B formarán la periferia exterior que se vé en la figura; y las que provienen de los puntos 3 2 5 D 5 2 3, formarán la interior: hágase lo mismo en la línea DF, y se formarán las otras periferias sus correspondientes: tírese últimamente la EG perpendicular á las inclinadas.

Hecho esto, se describirá el arco recto en esta forma: Sobre las divisiones de las AB levántense perpendiculares iguales á las divisiones de la línea EG, y en este arco recto se hallarán los ángulos de los lechos con las concavidades, para cortar segun ellos la regla cercha ó bayvel: las plantillas se formarán como se sigue.

1 La del lecho C3 se hará tirando aparte la línea EE igual á la distancia del círculo interior y exterior del arco recto, que es la A3, en la AB; y tirando las perpendiculares, se harán las EI, EH, iguales á sus correspondientes; y la ED igual á la ED su correspondiente, y DH será la plantilla 1. Para el lecho primero de la otra parte, se hará tambien la EE igual á una junta del arco recto, y en sus perpendiculares se harán las Ef, Ea, Ed, Eb, iguales á sus correspondientes, y será la plantilla ad, *num.* 2. La de 1 2 de la parte CD, se hará en la misma forma, tomando las ET, ET y las ES, ES iguales á sus correspondientes, y será la

la plantilla ST, *num.* 3. Para la de 1 2 de la otra parte BF, se usará de las líneas XX, VV, y se obrará de la misma manera.

2 Para la concavidad 3 2 de la parte de CD, se tomará la EE igual á la subtensa del arco recto; y transfiriendo á sus perpendiculares las EH, EI, y las ET, ET de sus correspondientes, quedará hecha la plantilla, como se vé en el *num.* 4. De la misma suerte se hará la de 3 2 de la parte BF, usando de los puntos f y a para un lado, y de los puntos VV para el otro; y así en las demas concavidades.

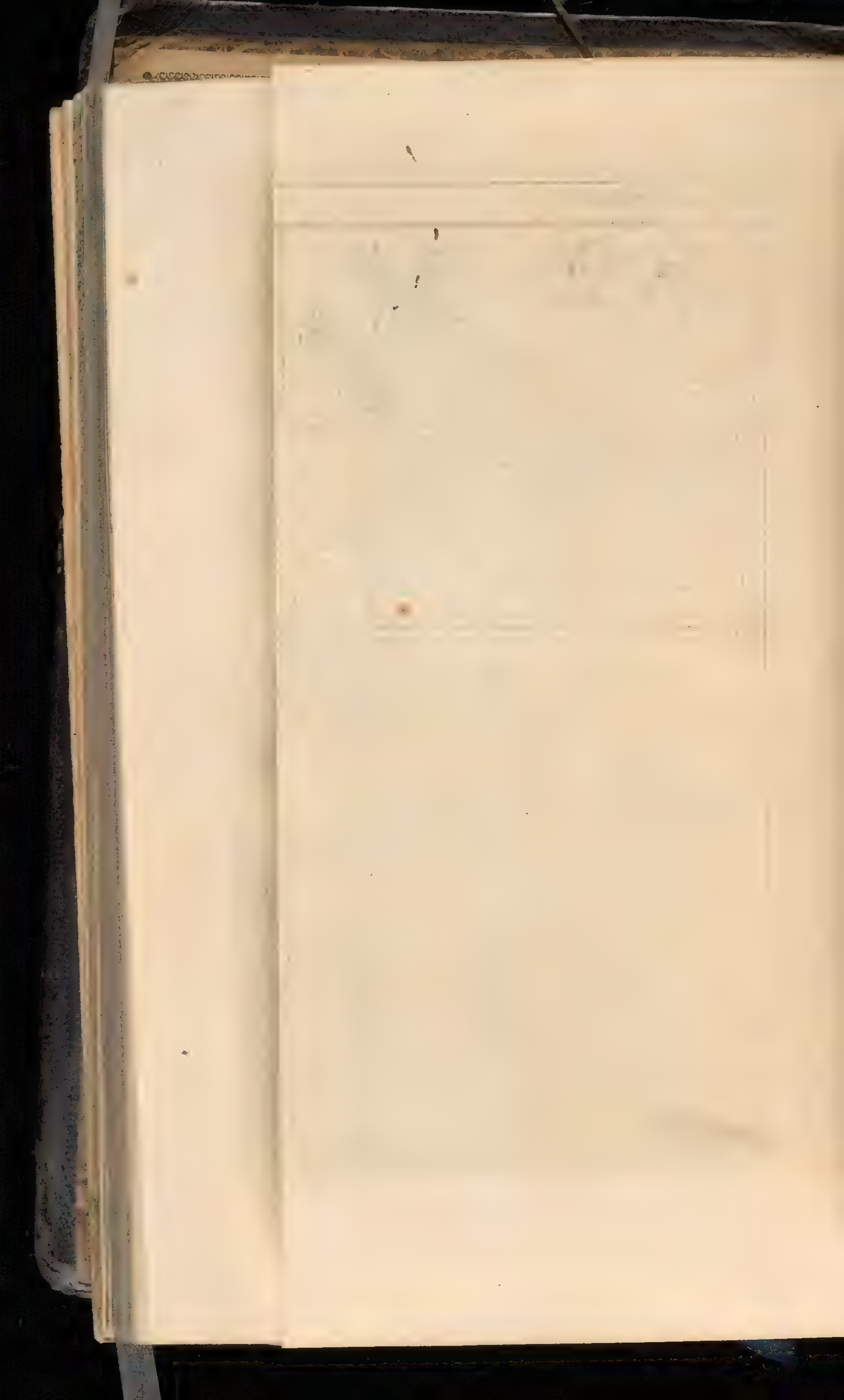
3 Las plantillas para la frente obliqüa CB no son precisas, pues sin ellas se puede concluir toda la obra, y asimismo el modo de cortarlas, que es semejante al que expliqué en la prop. anteced. *num.* 4.

PROP. XXVIII. Problema.

Formar un arco rectamente inclinado en una torre redonda. (fig. 37.)

Tírese la AB, diámetro del arco fundamental, con sus acostumbradas divisiones; y sea CDFE porcion de la torre: por las divisiones de la AB tírense perpendiculares, que traviesen la crasicie de la torre; añádase la AD en seguida de la AB larga á discrecion; y asimismo la DO igual á la sagita del arco fundamental con sus ordinarias divisiones: por estas se tirarán los lados inclinados paralelos, que tengan igual inclinacion á la que ha de tener el arco; tírese tambien la Df perpendicular á los lados inclinados. Hecho esto, de los puntos C 1 3 2 4 5 de la línea curva CHD, se tirarán paralelas á la AB, alargándolas hasta que cada una corte al lado inclinado su correspondiente. Lo mismo se hará en la EKF; y por los puntos en que hubieren cortado á los lados inclinados, se podrá describir una línea curva. Y adviértase, que si el exe del arco se encaminare al exe de la torre, las paralelas tiradas de los puntos de la porcion CH coincidirán con las que se tiraren de los puntos de la HD; pero si el

H. Ricarte Esc.



el exe fuere obliqüo, de suerte, que no cortare al exe de la torre, serian diferentes.

1 Preparado lo sobredicho, se trazará el arco recto, levantando sobre las divisiones de la AB perpendiculares iguales á sus correspondientes divisiones de la Df; y tirando las líneas de sus juntas, se tendrán los ángulos mixtilíneos de los lechos y concavidades, segun los quales se cortará la regla cercha ó bayvel.

2 Las plantillas para los lechos se harán así: Para el primer lecho se tirará la dd igual á la A3, que es la distancia del círculo interior y exterior en el arco recto; y tirando las perpendiculares, se harán los lados d3, d3, dC, dE iguales á sus correspondientes en los lados inclinados, y el trapezio C E 3 3 será la plantilla. La que ha de servir para el segundo lecho, se hará tirando la dd igual á la segunda junta del arco recto; y tiradas las perpendiculares, se cortarán en ellas d1, d1, d2, d2 iguales á las líneas M2, M2, N1, N1 sus correspondientes en los lados inclinados, empezando siempre de la df; y el trapezio 1 2 será la segunda plantilla. Para formar la del tercer lecho, se tirará la SP igual á la tercera junta del arco recto; y las perpendiculares, no solo han de baxar baxo la SP, si que tambien han de subir sobre ella, por causa de que la df divide los lados 4 4, 5 5, que son los correspondientes, como se vé en la figura.

3 Las plantillas para las concavidades se harán como se sigue: Para la primera se tirará la dd igual á la primera subtensa del arco recto, y en sus lados perpendiculares se trasladarán los inclinados sus correspondientes, que son d3 d3, d2 d2, y el trapezio 2 3 3 2 será la plantilla. Para la segunda concavidad se tomará la dd igual á la segunda subtensa del arco recto, á quien se transferirán los lados d5 d5, d2 d2, y el trapezio 5 2 será su plantilla. La de la clave es rectángula, y tiene por lados las líneas iguales á las 5 5 sus correspondientes.

De aquí se colige el modo de trazar este arco quando su exe no caminare hácia el de la torre, si que esta cor-

cortare obliqüamente al arco ; pues no hay mas diferencia, que ser distintos los puntos que dan las paralelas que salen de la parte HD KF, de los que diéron las de la primera parte ; y así será menester duplicar esta operacion , para hallar los puntos sobredichos.

Tambien se colige el modo de trazar este arco inclinado en un ángulo, solo que en lugar de la torre CDFE, se formaria la planta de las paredes que forman el ángulo. No pongo demonstracion de estas prácticas, por colegirse de lo demonstrado en la *prop.* 26.

PROP. XXIX. Problema.

Describir un arco rectamente inclinado, que encuentre obliqüamente con un cañon de bóveda.
(*fig.* 38.)

Para formar idea de este arco, se ha de imaginar, que sobre la AB hay levantado verticalmente un arco que prosigue inclinado, sin declinar á uno ni otro lado, y que encuentra con un cañon seguido de bóveda, cuyo lado es la línea obliqüa DF, de la qual empieza su vuelta, corvándose hácia M. Y porque esto puede suceder con diferentes circunstancias que pueden variar la operacion, será conveniente se adviertan ántes de entrar en ella. Lo primero, se ha de advertir si el arrancamiento del arco está al mismo nivel, ó en el mismo plano horizontal de la DF ; ó si está mas alto ó mas baxo que el dicho plano. Lo segundo, se ha de tener conocida la naturaleza de la bóveda, si es de medio punto ú rebaxada, &c. y tambien si es esencialmente recta ú obliqüa.

Supongamos pues, sea esta bóveda esencialmente obliqüa ; esto es, sea porcion de un cilindro obliqüo ; y que su seccion obliqüa segun la HM, sea circular, (porque como consta del *tratado* 8, la seccion obliqüa de un cilindro obliqüo puede ser circular) y sea su radio la DE. La operacion será la siguiente. Tomando la AK arbitraria, se tirará la KL con la inclinacion que ha de tener el arco, y será uno de sus lados inclinados, cuya longitud

se determinará en esta forma. Tírese la GH perpendicular á la AB, que salga del punto G correspondiente al punto K; esto es, pertenecientes entrambos á una misma junta: y porque el arco incurre y se termina en la bóveda, que supongo sea circular, segun la HM ó la DE, se tomará el semidiámetro de la bóveda, y puesto el un pie del compas en I, (caso que el arco empiece del mismo plano de la DF) y el otro pie puesto sobre la IE, se describirá desde E el arco IN, y el punto N será el en que el lado KL encuentra con la bóveda, y será KN su longitud; pero si el arco arrancare de mas abaxo que el plano de la DF, se cortará la IO igual á lo que el principio del arco está debaxo de la DF, y se tirará la OP: y tirando en esta por el punto O el arco OL, con el mismo radio de la bóveda, será L el punto del concurso del arco con ella: y si el arrancamiento del arco empezase de mas arriba de la DF, la perpendicular OP se tiraria entre el punto I y el punto q, y se obraria en la forma sobredicha.

Pero si la bóveda no fuere circular, segun la DE, sí que segun su seccion perpendicular RS fuere circular, y por consiguiente segun su seccion obliqüa RT ó DE fuere elíptica, para determinar los puntos del concurso de los lados, como KL, con la bóveda, será menester describir primero aparte la elipse sobredicha en esta forma. Tírese aparte la RS igual á la otra; descríbase sobre ella, sirviendo toda de radio, un quadrante de círculo: tírese la ST perpendicular á la XS, y haciendo el ángulo R igual al otro ángulo R, se tirará la RT: divídase el quadrante en qualesquiera partes, y por las divisiones tírense perpendiculares á la RS, que pasen hasta cortar la RT: de los cortes de la RT se levantarán perpendiculares iguales á las primeras; y juntando sus extremidades con una línea curva, quedará descrito un quadrante de elipse, que se cortará en un papel separado; y luego se aplicará la TR sobre la ID de suerte, que el punto T se ajuste sobre I, y la elipse caiga hácia la KL: nótese en esta línea el punto en que fuere cortada por la elipse, y este será el encuentro del arco con la bóveda elíptica. Si el

ar-

arco empezare baxo de la DF, se aplicaria la elipse á la OP en la forma dicha. La razon de esta operacion es la misma que la que se dió en las proposiciones antecedentes, que se hará patente considerando, que todo el plano AKL se dobla sobre la AE, poniéndose perpendicular sobre ella. Las demas operaciones se harán como las de la *propos.* 25.

PROP. XXX. Problema.

Describir un arco rectamente inclinado para una torre redonda, y que encuentre con una media naranja. (*fig.* 39.)

Este arco es el mismo de la *propos.* 28, solo que por suponerse en el caso presente, que la parte cóncava de la torre forma una media naranja, en quien ha de terminarse el arco, han de ser en lo tocante á esta parte diferentes las operaciones. Supuesto pues, que en quanto á la parte convexâ no hay diferencia, se observarán aquí en lo tocante á ella las mismas reglas de la *prop.* 28.

Pero en quanto al término del arco en la parte cóncava de la torre, que es media naranja, se obrará en esta forma. Descríbase la concavidad E4K, ó planta de la media naranja, dividida en sus partes, como en la proposicion citada. Sea KO su semidiámetro, y O su centro: tírese la CEP paralela á la KO, tomando la KC igual al semidiámetro del arco que se ha de describir; y tirando la OP paralela á KC, quedará determinado el punto P. De las divisiones hechas en la periferia E4K, tírense paralelas que dividirán la CE; y del punto P, como centro, se describirán arcos de círculo que lleguen á cortar los lados inclinados, cada uno á su correspondiente; y con esto quedará determinada la longitud de cada uno: y el punto en que encuentra con la superficie cónçava de la media naranja, suponiendo empieza esta á mover del plano mismo horizontal del círculo E4K.

La *demonstracion* es clara; porque es cierto, que si el lado FG, guardando aquella misma inclinacion, se pone

en

en un plano vertical directamente sobre KO su correspondiente; y del punto O, como centro, se describiese hácia arriba un arco, que cortaria á la FG en el mismo punto X, en que le corta el arco CX, descrito del punto P: y lo mismo digo de los demas lados inclinados, colocados en la forma dicha sobre las perpendiculares que les corresponden.

Si la media naranja no empezare á subir del círculo E4K, sí de otro inferior, se tomaria en lugar de la PC otra línea, como por exemplo la 2 2 distante de la PC, quanto el principio ó planta de la media naranja está mas abaxo del círculo E4K, y haciendo centro en el punto 2 inferior, se harian las porciones de círculo como se hicieron en la PC.

PROP. XXXI. Problema.

Trazar un arco esencialmente obliqüo é inclinado. (*fig.* 40.)

Supongamos, que este arco inclinado es porcion de un cilindro esencialmente obliqüo: sea su cara ó basa circular ó rebaxado ú de pies desiguales. El modo de trazarle es el mismo en qualquiera de los referidos; y es como se sigue.

Operacion. Sea la AB el diámetro del arco, y AD su profundidad, y será el paralelógramo AC su icnografía horizontal: tenga la AB todas las divisiones ordinarias del arco fundamental, que no he descrito sobre la AB, porque seria confundir la figura. Por estas divisiones tírense líneas obliqüas paralelas á la AD, que serán la icnografía horizontal de las juntas de las piedras: tírese aparte la recta EO igual al semidiámetro vertical del arco fundamental, y con sus acostumbradas divisiones, á quien se añadirá en derechura la EA igual á lo que el centro de la cara mas elevada del arco inclinado y correspondiente sobre la AB estuviere sobre el plano horizontal AC, para que baxando desde allí el exe del arco, venga á terminarse en el punto S de la DC.

De los puntos A 1 3 2, &c. de la línea AB tírense líneas ocultas, que sean perpendiculares al lado AD; pero

que

que pasen mas adelante, alargándolas desde la línea AD hácia fuera, en esta forma. A la perpendicular AE, que proviene del punto A, se le dará la longitud AE igual á la AE de la figura separada: á la perpendicular que procede del punto F, se le dará la longitud igual á la AO de dicha figura separada, contándola siempre desde la AD y vendrá á terminar en el punto G: la perpendicular que viene del punto 5, tendrá la longitud desde la misma AD, igual á la AL, y así de las demas, cada una á sus correspondientes en dicha AO; y con esto se habrán notado los puntos de donde han de empezar los lados inclinados. Para notar los puntos en que han de terminarse los lados dichos, se tirarán de la misma manera perpendiculares, que salgan de los puntos de la DC; pero sus longitudes se han de tomar en la figura separada, no del punto A de la AO como ántes, sí del punto E. Hecho esto, se juntarán con una línea recta cada dos puntos pertenecientes á un mismo lado, y se tendrán todos los inclinados: del punto H, en que la perpendicular BH corta á la AD, tírese la HK perpendicular á los lados inclinados, y se tendrá hecha la preparacion para las operaciones siguientes.

1 El arco recto se ha de formar sobre la línea BA, en esta forma. Las mismas perpendiculares que hay sobre la HB, y se terminaban en la AB, continúense dándoles su longitud igual á los segmentos de la HK, á cada una la de su correspondiente; y así, la RS se hará igual á la HK; la TT igual á la HT, por proceder el lado inclinado VT de la perpendicular que salió del punto 2 de la línea AF: asimismo la XY se hará igual á la HX, por salir el XY del punto 2 de la FB. Y en esto se debe proceder con gran cuidado, para no tomar unas distancias por otras. Con esto se habrá formado por tranquiles el arco recto sobre la AB, que necesariamente será de pies desiguales, como se vé en la figura.

2 Hecho esto, se cortarán las plantillas. Las de los paramentos están ya trazadas en el arco fundamental para entrambas frentes: las de los lechos se cortarán en esta forma. Para el primer lecho A3 se buscarán los lados inclinados sus correspondientes, que son ED y 8, y se ti-

tirará de la extremidad 8 una perpendicular á ED: tírese aparte, *num.* 1. la recta E3D igual á la E3D inclinada: córtese la EO igual á la distancia del punto E hasta la perpendicular 8. Del punto O salga la perpendicular O8 larga á discrecion; y tomando con el compas la A3 del arco fundamental, se trasladará del punto E hasta el punto 8, en que corta á la perpendicular O8, y tirando la línea 8 paralela á ED, é igual á la inclinada 8, quedará hecha la plantilla. Para el segundo lecho se tirará aparte, *num.* 2. la 6zz igual á la 6zz inclinada, que es la correspondiente á esta junta; y tirando del punto V de la inclinada una perpendicular V9, se hará la 6 9 de la plantilla, igual á la 6 9 de la inclinada. Sáquese del punto 9 la perpendicular, y con la distancia A3 del arco fundamental se determinará el punto V de la plantilla desde el punto 6, y tirando la VTT perpendicular á la 9V, é igual á la VTT inclinada, quedará hecha la plantilla; y así se harán las demas.

3 Las plantillas para la parte cóncava se harán de esta manera. Para la concavidad 3T del arco recto se tirará aparte, *num.* 3. la 7T igual á la subtensa 3T; y tirando las perpendiculares por sus extremidades, se cortarán en ellas las 7 8, TV iguales á sus correspondientes en las inclinadas, y quedará hecha la plantilla; y si se hubiere obrado bien, saldrá la 8V igual á la subtensa del arco principal. No quiero cansar con la demonstracion, que seria prolixa; y mas constando la seguridad de estas operaciones por otras no muy distintas, que se demostráron en las proposiciones antecedentes.

PROP. XXXII. Problema.

Formar el mismo arco obliqüo é inclinado en un muro escarpado. (*fig.* 41. *y* 40.)

De dos maneras se puede formar este arco obliqüo inclinado en pared inclinada. La primera, suponiendo, que este arco obliqüo inclinado procede del arco fundamen-

tal, imaginado verticalmente levantado, y que continuándose encuentre con la pared inclinada. La segunda es, suponiendo al arco fundamental, aplicado ó formado en la misma pared inclinada; y en entrambos casos se hacen las mismas operaciones de la proposicion pasada, exceptùando las siguientes.

1 Si se supone el arco fundamental en situacion vertical, se obrará en esta forma. Sea en la *fig.* 41. el ángulo ABC el de la inclinacion de la pared hácia el horizonte: hágase el ángulo BCD igual al ángulo ABH de la *fig.* 40. y tírese la BD perpendicular á la BC, y será el ángulo BDC igual al ángulo HAB de la *fig.* 40. esto es, al complemento del ángulo ABH. Córtese la EC, *fig.* 41. igual á la CD, y tirando la EA, será el ángulo CEA el de la inclinacion de la pared, tomado segun las líneas obliqüas AD y sus paralelas en la *fig.* 40. Hecha esta preparacion, se proseguirán las operaciones como se siguè.

Téngase presente la *fig.* 40. en la qual es la AB el diámetro del arco fundamental con sus divisiones acostumbradas, de las quales se tirarán perpendiculares ocultas á la recta AD, y tirada aparte en X la AO con las mismas divisiones de la proposicion pasada, se hará el ángulo BAC igual al ángulo CEA de la *fig.* 41. y por las divisiones de la AO se tirarán líneas inclinadas, cuya inclinacion sea igual á la de todo el arco. De los puntos de la AD, *fig.* 40. en lugar de las perpendiculares que se tiráron en la proposicion pasada, se tirarán líneas, que con la AD hagan ángulo igual al ángulo BAC de la *fig.* 41. en X, cuya longitud se tomará, no de la AO como en la proposicion antecedente, sí de la AC; y se tendrán con esto los puntos en que empiezan y acaban los lados inclinados para el muro escarpado.

Y porque en este caso la frente del arco no es perpendicular al horizonte, sí inclinada, no se pueden tomar del arco fundamental las plantillas para los paramentos, sí del arco formado en la pared inclinada; y así será menester trazar la frente de este arco, lo qual se hará como se sigue. Sobre la recta AB, *fig.* 40. y sus divisiones

nes se levantarán unas líneas, no perpendiculares, sí inclinadas, por cuyas extremidades se describirá la periferia del arco; y para darles la inclinacion competente, se hará en la *fig.* 41. un triángulo de las tres líneas AB, AE, BD, que será el triángulo ADB, en quien AD se hará igual á la AE, la DB á la otra DB, y la AB á la otra AB; y el ángulo exterior ADH será el que han de formar en la *fig.* 40. con la AB las líneas que salieren de sus divisiones, cuya longitud se tomará en X, no de la AO como ántes, sí de la AC. Esto mismo que se ha hecho, suponiendo que la superficie inclinada de la pared sea la que tiene por planta la AB, se haria sobre la DC si esta superficie fuese la inclinada.

2 Si para hacer esta delineacion se quisiere suponer el arco fundamental formado en la misma pared inclinada, se tirará la línea AO inclinada, como se vé en la *fig.* 40. en el triángulo AOL rectángulo en L; y de las divisiones de la AO, que son las mismas que tiene en COA, se tirarán perpendiculares á la basa AL: luego se pasará á la *fig.* 40. y de las divisiones de la AB se tirarán perpendiculares iguales á los segmentos de la basa AL sus correspondientes, empezando siempre del punto A; esto es, la perpendicular del punto F será la F12 igual á toda la AL; las de los puntos 4 y 4 serán 4 10 y 4 13 iguales al segundo segmento de la basa, y así de las demas; y las extremidades de estas perpendiculares serán la icnografía de los puntos del arco fundamental inclinado, que son 10, 12, 13, &c. de los quales se tirarán perpendiculares ocultas á la AD; y de los cortes que en esta hicieren, se tirarán otras perpendiculares á los lados inclinados, cuyas longitudes se tomarán en el triángulo AOL, no de la AO como ántes, sí de las perpendiculares que baxan de las divisiones de la AO á la basa AL; y con esto quedarán determinadas las longitudes de los lados inclinados como en otras ocasiones. Si la inclinacion de la pared estuviere en la superficie correspondiente á la CD, las dichas perpendiculares se echarian hácia aquella parte á donde va la inclinacion

 de

de la pared, y en lo demas se obraria de la misma manera.

PROP. XXXIII. Problema.

Formar un arco esencialmente obliqüo é inclinado, que se termina en una ó en dos bóvedas, ó en una media naranja.

1 De lo dicho en la *propos.* 29 del encuentro de un arco rectamente inclinado con un cañon de bóveda, se colige el modo de trazar y formar un arco esencialmente obliqüo é inclinado, que encuentre con el cañon de bóveda sobredicho; porque la práctica es la misma que la de la proposicion citada. Solo que las operaciones con que se describen en la *fig.* 38. los arcos de círculo ó de elipse, segun lo pide la naturaleza de la bóveda, así como allí se hacen sobre la AE, se han de hacer en el presente caso sobre la AK, *fig.* 40.

2 Si el arco sobredicho encontrare con dos bóvedas, teniendo la una frente en la una, y la otra frente en la otra, se harian las mismas operaciones sobredichas á entrambas partes. Y si el encuentro fuere con una media naranja, se aplicarian aquí las mismas reglas que para semejante caso se diéron en la *prop.* 30. No repito las operaciones, por no ser prolixo en cosa que en los lugares citados queda bastantemente explicada.

CAPITULO III.

DE LOS ARCOS DIVARICADOS, QUE LLAMAN abocinados, y de los capialzados.

ARcos *divaricados* ó *abocinados*, se llaman aquellos cuyas dos frentes son semejantes, pero desiguales. Los arcos *capialzados* son aquellos cuyas dos frentes anterior é interior son desemejantes: como si una frente guardare el medio punto, y la otra fuere escarzana ó rebaxada; ó la una observare qualquier gé-

género de Montea, y la otra fuese rebaxada á línea recta ó á nivel, de suerte, que por exemplo fuere el arco escarzano segun una frente; y segun la otra fuere arco á nivel ó adintelado. Los abocinados son propiamente porciones de pirámide cónica; y aunque por esta causa parece pertenecian al *libro* 3 donde trato de las bóvedas cónicas; pero por no necesitar dichos arcos de lo que allí se ha de decir, y para que en este lugar queden explicadas todas las especies de arcos, he juzgado poner aquí su explicacion.

Conviene tambien advertir, que los arcos abocinados pueden ser *rectos*, por ser cortes de pirámide cónica recta; y pueden ser *obliqüos*, por ser cortes de pirámide cónica obliqüa; y juntamente pueden ser *inclinados* ó carecer de inclinacion, segun fuere su exe ó paralelo ó inclinado al horizonte: y tanto los *abocinados*, como los *capialzados*, pueden estar en paredes planas, así verticales como escarpadas; pueden formarse en torres redondas; y últimamente pueden ser de qualquiera especie de arcos, que en otras partes quedan referidos: explicaré solamente los mas principales; porque entendidos estos, lo serán tambien los demas.

PROP. XXXIV. Problema.

Formar un arco abocinado recto en una pared vertical y recta. (fig. 42.)

Se ha de fabricar un arco abocinado, cuyo diámetro para la frente mayor ha de ser AB, y el de la frente menor ha de ser CD: sea tambien EF lo gordo de la pared ó profundidad del arco. *Operacion.* Descríbase sobre AB el arco fundamental con sus divisiones y perpendículos acostumbrados; y asimismo descríbase sobre CD en la misma forma dicho arco fundamental, y quedarán entrambos diámetros divididos en sus puntos como otras veces; de las divisiones de la AB á sus correspondientes en la CD tírense líneas, y estas serán la icnografía horizontal de las juntas inclinadas de las piedras

dras del abocinado; las quales juntas inclinadas todas serán iguales á la 3 3, ó á la AC, así por la parte cóncava, como por la convexâ del arco; y esto basta para trazar y cortar las plantillas como se sigue.

1 La del lecho primero, que es horizontal, sirve para todos los lechos, y es el romboyde AC33, ó su igual MGHN.

2 Las plantillas para los paramentos están ya trazadas en las mismas frentes de los arcos fundamentales.

3 Para formar las plantillas de las concavidades, se tomará el radio F3, y con él, desde el centro E se hará el arco PS; y tomando la distancia 3H se pasará de P hasta Q, y se tirará la subtensa PQ algo prolongada: á esta se tirará del punto G la perpendicular GR: luego se tirará aparte la PQ, y en derechura se le añadirá la QR á entrambos cabos: de los puntos R R se levantarán perpendiculares largas á discrecion; y tomando con el compas la línea 3 3 se cortarán con esta distancia las perpendiculares, poniendo el un pie del compas en los puntos P y Q, tirando las rectas P3, QG, el trapezio PG será la plantilla de la concavidad, á la qual son iguales las de las otras.

4 Los ángulos de los paramentos mayores y menores con la superficie cóncava, se hallan en la plantilla que se formó aparte para los lechos; esto es, el del paramento mayor con la concavidad, es el ángulo G de dicha plantilla; y el del paramento menor es el ángulo H. El ángulo de los lechos con la concavidad, en la frente mayor es el ángulo mixtilíneo MG3, y en la menor es el ángulo NH3. Y segun estos, se cortarán dos reglas cerchas ó bayveles; y trabajando segun ellos los dos cabos de la piedra, se trabajará toda la concavidad con sola la vara ó regla recta, como saben los Canteros.

PROP.

PROP. XXXV. Problema.

Formar un arco recto abocinado en una torre redonda. (*fig.* 43.)

Sea la porcion de círculo DEF la convexîdad de la torre, y la porcion ABC su concavidad, y el trapezio GHK3 la icnografía de la parte cóncava del arco, como si hubiese de estar en superficie plana, y será GH el diámetro interior y menor de la luz del arco, y 3K el diámetro exterior y mayor. Descríbanse sobre los dichos diámetros dos semicírculos, que serán las dovelas cóncavas de los dos arcos fundamentales; y á competente distancia desde los mismos centros se describirán las convexâs. Divídanse entrambos en la forma acostumbrada, y tírense los perpendículos, y se tendrán las divisiones fundamentales en entrambos diámetros; y últimamente se unirán las correspondientes con líneas rectas, como se hizo en la proposicion pasada, las quales se extenderán hasta la convexîdad DEF, y estas líneas serán los vestigios horizontales de las juntas de las piedras.

Hecho esto, se buscarán en primer lugar las longitudes inclinadas y verdaderas de los lados ó juntas, así de la parte cóncava de las piedras como de la convexâ, en esta forma. Para la junta que pasa del punto 9 del arco mayor al punto 9 del menor, se tirará aparte *num.* 1 la QM, igual á la horizontal QM de la figura principal, en quien se cortarán los segmentos QP, SM, iguales á sus correspondientes: levántense ahora de los puntos M y P perpendiculares iguales á las que de dichos puntos salen en la figura principal, á quienes de los puntos S y Q se tirarán paralelas á discrecion; y tirando la 9S por los puntos PS, será la inclinada 9S la verdadera longitud del lado sobredicho, ó junta de la parte cóncava. La razon es, porque si se imagina la figura 9QSS levantada verticalmente sobre la QS de la figura principal, el punto 9 vendrá á estar en la peri-

fe-

feria cóncava del arco mayor, y en la superficie convexâ de la torre; y el punto S en la periferia cóncava del arco menor, y en la superficie cóncava de la torre; y por consiguiente la línea 9S, que une dichos puntos será el lado ó junta inclinada sobredicha. Obrese en las demas de la misma suerte, tomando para cada una la horizontal que le corresponde; y se habrán hallado las longitudes de las juntas inclinadas, así de la parte cóncava, como de la convexâ del arco: la del *num.* 1. es la primera de la parte cóncava: la del *num.* 2. es su convexâ: la del *num.* 3. es la segunda en la parte cóncava; y la del *num.* 4. es su correspondiente en la convexâ.

Del centro O del círculo mayor, con el intervalo igual al círculo menor, hágase el arco LZ dividido con las mismas divisiones; y tírese la L8 subtensa de la primera division, y prolongándola algo mas: del punto 9 se tirará la 9 7 perpendicular á la L7, como se hizo en la proposicion pasada. Hecho esto, se cortarán las plantillas en la forma siguiente.

1 Para cortar las plantillas de entrambas frentes, se extenderá primeramente la curva DEF en línea recta con sus mismas divisiones, de las quales se levantarán perpendiculares iguales á las que se halláron aparte, tomando para cada punto aquella que le corresponde, como la perpendicular 1 1 para el punto 1, la XX para el punto V, &c. y por ellos se describirá la periferia convexâ de la frente mayor: luego se tomará la PP para el punto P, y la 5 5 para el punto 5, y por sus cabos se describirá la periferia cóncava, y quedará descrita por tranquiles la frente mayor del arco para la parte convexâ de la torre, pero en plano. Asimismo se extenderá en línea recta la curva ABC con sus puntos, y de ellos se levantarán perpendiculares iguales á sus correspondientes; es á saber, la del punto 4 igual á la 4 4 menor: la del punto T igual á la TT; y por sus extremidades se describirá la periferia convexâ del círculo menor. Asimismo, sobre el punto S se hará la perpendicular igual á la SS: y la del punto z se hará igual á la zz; y tirando por las extremidades una periferia,

se-

será la cóncava del círculo menor ; y en este se hallarán formadas las plantillas para los paramentos del arco en la parte cóncava de la torre ; y en el primero las del mismo arco en la parte exterior y convexâ : las quales se cortarán en materia flexîble para que se puedan adaptar á las superficies curvas de la torre. No he descrito estas frentes, por no ser menester mas explicacion para su inteligencia.

2 Las plantillas para los lechos se hacen como se sigue : La del primer lecho por ser horizontal, es el mismo trapezio AG3D.

Para formar la del segundo lecho, se tirará aparte la recta OM (*lámina* 12. *fig*. 43.) igual á la línea 9 8, de quien se cortará la 3M igual á la junta 1 9 : levántese la perpendicular OP larga á discrecion ; y tomando del *num*. 1. la inclinada MP, con el compas se ajustará en la figura que se describe, desde M á la perpendicular ; y perficiónese el paralelógramo M4 : córtese aquí del lado MP el segmento MS igual al MS de la inclinada en el *num*. 1. y al otro cabo añádasele PQ igual al segmento P9 : hágase el otro lado 4 3 2 igual al lado 4 1 4 del *num*. 2. con sus mismas divisiones ; y tirando las curvas 3Q, 2S, quedará hecha la plantilla, que es el plano 2 3QS.

Para la del tercero lecho se tirará aparte la línea 6Y igual á la 9 8 de la figura mayor : levántese la perpendicular 6O larga á discrecion, á quien se aplicará del punto Y la YO igual á la inclinada Y5 *num*. 3. y perficiónese el paralelógramo YOV6. Añádase la O3 igual á la inclinada 5X del *num*. 3. y la VX igual á la inclinada VX del *num*. 4. córtese asimismo la YZ igual á la inclinada YZ del *num*. 3. y la 6T igual á la RT del *num*. 4. tírense algo curvas las líneas X3, TZ, segun fuere la curvidad de la torre, y la Z3XT será la plantilla.

3 Las plantillas para las concavidades se hacen de esta manera : Tírese aparte la línea GM7 igual á la cuerda prolongada L87 del arco menor, que se hizo concéntrico al mayor. Tómense las G7, M7 iguales á la 8 7 ; y en los puntos 7 y 7 levántense perpendiculares ocul-

ocultas, á quienes se aplicará desde G, la G3 igual á la G3 de la figura mayor; y desde M, la MP igual á la inclinada MP del *num.* 1. Añádase al lado MP el residuo P9 de la inclinada del *num.* 1. y quítesele MS igual al segmento MS de la dicha inclinada; y tirando las curvas 3 9, GS, segun lo convexô y cóncavo de la torre, la figura 3GS9 será la plantilla de la primera concavidad.

Para la segunda repítase aparte la MY igual á la misma cuerda L8, y añádansele á cada parte las M7, Y7 iguales á la 8 7 de la figura mayor: de los puntos 7 7 levántense perpendiculares ocultas, á quienes se aplicará del punto M el lado inclinado MP del *num.* 1. á quien se añadirá, como ántes, el segmento P9, y se le quitará el MS de la misma inclinada; y del punto Y se aplicará el lado inclinado Y5 de la *fig. num.* 3. á quien se añadirá 5O igual á 5X, y se quitará YZ igual al del *num.* 3. y tirando las curvas 9O, SZ, la figura S9OZ será la plantilla de la concavidad segunda.

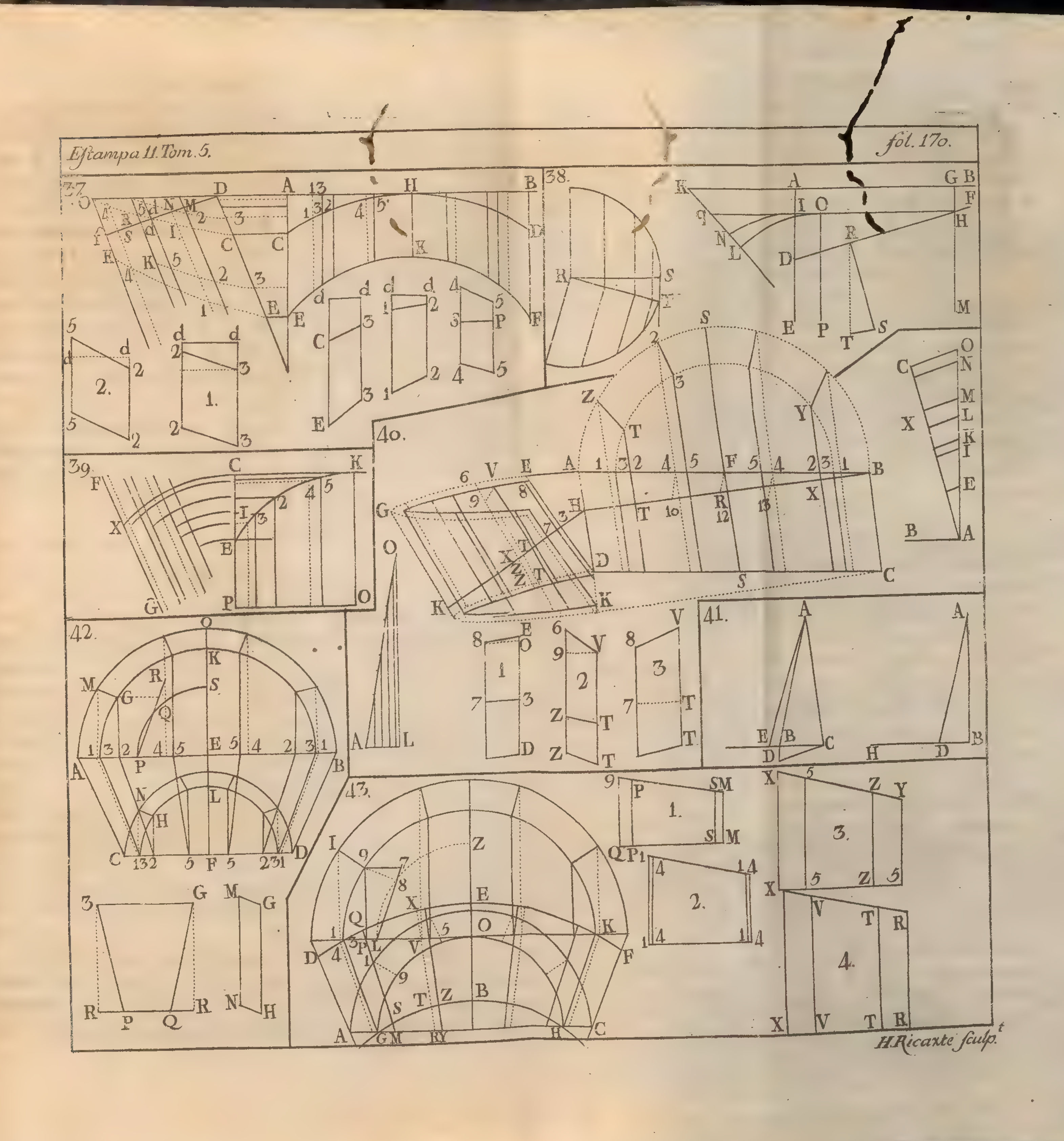
Para la de la clave se tirará aparte la línea YY igual á la misma cuerda L8 (por suponerse todas iguales): añádanse á cada parte las Y7 iguales á la 8 7 de la cuerda prolongada en la figura mayor: levántense las perpendiculares ocultas de los puntos 7, á quienes se aplicará desde los puntos YY el lado inclinado Y5 *num.* 3. por tener la clave los dos lados iguales; y añadiendo á entrambos el segmento 5O, y quitando el YZ iguales á los segmentos de la misma inclinada del *num.* 3. se tirarán las curvas OO, ZZ, y quedará formada la plantilla para la clave.

Todas estas operaciones se fundan en lo mismo que la de la proposicion antecedente, pues son las mismas: solo se añaden ó quitan los segmentos que pide la convexîdad y concavidad de la torre.

COROLARIOS.

1 *De lo dicho en esta proposicion, se colige bastantemente el modo de hacer y trazar semejantes arcos en una torre escarpada, haciendo aparte la figura para la diminucion, como en la proposicion* 32.

2 *Co-*



H. Ricarte sculp.t

2 *Colígese tambien el modo de trazar dichos arcos, de suerte, que entren obliqüamente en una torre redonda; ó en una pared que les corte obliqüamente, sean ó no sean paralelas sus superficies.*

3 *Puede tambien este arco encontrar con un cañon de bóveda, ó con una media naranja: y puede asimismo formarse en dos paredes que formen ángulo. Todo lo qual hará fácilmente el Arquitecto que hubiere hecho comprehension de la práctica de las dos proposiciones pasadas; valiéndose tambien de lo que en otras se dixo tocante á los arcos cilíndricos, que llevan consigo las circunstancias sobredichas: y así omito la explicacion de todos estos casos en particular, porque sería una prolixidad enfadosa; y solo añado las dos proposiciones siguientes de los abocinados, que llevan obliqüidad é inclinacion.*

PROP. XXXVI. Problema.

Trazar un arco abocinado é inclinado en una pared obliqüa. (*fig.* 44.)

La idea de este arco es la siguiente: Imagínese un arco que tenga la una frente mayor que la otra, y entrambas paralelas; pero que la línea que pasa del centro de la una frente al de la otra sea inclinada, y que no decline á uno ni á otro lado; pero la pared sea obliqüa al exe del arco; esto es, le corte obliqüamente.

Sea en el *num.* 1. (*fig.* 44.) la CA la distancia del plano de la una frente al plano de la otra: sea el exe inclinado ó línea que une entrambos centros la BA; y tírese la perpendicular BC, que es lo que está mas alto el centro de la frente mayor que el de la frente menor: con que el punto C es el punto del plano de la frente mayor á que corresponde perpendicularmente el centro A de la menor.

Tírese en la figura principal la DE diámetro de la frente mayor, cuyo centro será B: y tirando la perpendicular BC igual á la otra BC del *num.* 1. será el punto C el que directamente corresponde al centro de la frente me-

menor, cuyo diámetro será FG. Descríbanse pues los dos semicirculares ó frentes, la mayor del centro B, y la menor del punto C. Divídanse en sus piedras, y de las juntas desciendan los perpendículos á sus diámetros DE, FG, que quedarán divididos como se acostumbra. Repítanse aparte los mismos diámetros DE, FG con sus mismas divisiones, y disten entre sí tanto, quanto distan los planos de las frentes sobredichas, haciendo la perpendicular CA igual á la CA del *num.* 1. Y tirando líneas de cada division de DE á su correspondiente en FG, quedará formada la icnografía horizontal de los lados ó juntas de las piedras. Ultimamente, sea IEHF la planta de la pared obliqüa, que corta obliqüamente el arco; y las líneas comprehendidas entre las IE, FH serán los vestigios horizontales de los lados. Ahora se buscarán los lados inclinados y los perpendículos que suben de cada punto de las líneas obliqüas IE, FH á las juntas de las frentes, en esta forma.

Tírense aparte, *num.* 2. *y* 3. las líneas NN, OO, y las demas haciéndolas iguales á las icnografías sus correspondientes en la figura FE. Córtense en ellas las NZ, NX, OZ, OX iguales tambien á sus correspondientes: de las extremidades de dichas líneas levántense perpendiculares, la una igual al perpendículo del arco menor su correspondiente, y la otra al perpendículo del arco mayor su correspondiente, pero continuado hasta la línea FG en la figura de los arcos: por las extremidades de estàs perpendiculares tírese una línea, y levantando otras perpendiculares de los puntos Z y X, estas últimas serán las propias de los puntos X, Z de las líneas obliqüas IE, FH, y la línea inclinada comprehendida entre estas perpendiculares, será la longitud verdadera de la junta ó lado inclinado que se busca.

En esta misma forma se hallarán todos los perpendículos y lados inclinados: solo hay especial dificultad en hallar los perpendículos, é inclinada correspondientes á la DF. En el punto F no hay perpendículo, por carecer de él el arco menor en dicho punto; pero el punto D le tiene, por estar levantado el arco mayor en correspon-

den-

dencia de dicho punto, tanto quanto es la BC del *num.* 1. Hágase pues la DK perpendicular á la DF, é igual á la sobredicha BC: tírese la KF, y del punto I sáquese la IL paralela á la DK; y la IL será el perpendículo propio del punto I de la pared obliqüa, y la LF será la inclinada, ó longitud verdadera de dicha junta perteneciente á la parte convexâ del arco: y lo mismo se hará en la SS, y se hallará su perpendículo QL y su inclinada LS. Hecho esto, se cortarán las plantillas como se sigue.

1 Las plantillas para los paramentos se harán así. Sobre las divisiones de la línea obliqüa IE puesta aparte, se levantarán perpendículos, haciéndoles iguales cada uno á su correspondiente en las figuras del *num.* 2. 3. &c. y por sus extremidades se pasará una línea curva que formará un arco algo torcido, donde saldrán formadas las plantillas para los paramentos de la frente correspondiente á la IE; advirtiendo, que en el punto E ha de ser el perpendículo igual á la línea BC. Esto mismo se hará sobre la FH, en cuyo punto F no hay perpendículo alguno.

2 Para cortar las plantillas para los lechos, es menester que de los puntos X y 7 de las juntas del arco mayor se tiren las perpendiculares XY, 7 6 á las juntas del menor prolongadas; y lo mismo se ha de suponer hecho en las otras. Hecho esto,

La plantilla para el primer lecho se hará tirando aparte en el *num.* 4. la línea VF2 igual á la junta 2FV del arco menor prolongada; y porque la perpendicular que sale del punto 8 baxa al punto F en la figura de los círculos, se tomará en el *num.* 4. la VF igual á la sobredicha VF: y del punto F se levantará la perpendicular FS, á quien desde el punto 2 se aplicará la 2S igual á la inclinada SS, que es la mayor de las dos que se hallan en la figura FE, y perficiónese el paralelógramo. Y para proceder con mayor exâccion, porque la perpendicular que baxa del punto D viene al punto V en la figura mayor, levántese en la del *num.* 4. la perpendicular del punto V, y desde F ajústesele la FK igual á la inclinada FK de la figura

ma-

mayor, y será F2SK plantilla del lecho que se terminaria en los arcos paralelos. Para tener pues la plantilla que se pretende, se cortarán de la 2S, la 2O y la SL iguales á las porciones de la inclinada SS. Y asimismo de la FK se cortará la KL igual á la KL de la inclinada FK, y será LO la plantilla que se desea.

Para cortar la del segundo lecho, se tirará aparte *num.* 5. la línea 2 3 YY igual á la 2 3 YY de la figura mayor; y porque en dicha figura caen las perpendiculares en los puntos YY, se levantarán de dichos puntos en la del *num.* 5. las perpendiculares YP, YO largas á discrecion, á quienes se ajustarán los lados inclinados PP, OO, tomándoles de las figuras del *num.* 2. *y* 3. esto es, ajustaráse la PP desde el punto 3, y la OO desde el punto 2, y notando las mismas divisiones que llevan dichas inclinadas, se tirarán líneas de la una division á la otra, que acortarán la figura 3O lo que es menester para que quede formada la plantilla. La del lecho tercero se trazará tirando como en el *num.* 6. la línea 4 4 6 6, tomada como está en la figura mayor; y porque en esta caen las perpendiculares en los puntos 6 6, se levantarán de estos mismos las perpendiculares en la del *num.* 6. á quienes se ajustarán las líneas 4N, 4M iguales á los lados inclinados que corresponden á los horizontales MM, NN, á quienes se trasladarán los segmentos, por los quales se cortará la plantilla, como se hizo en las antecedentes.

3 Las plantillas para las concavidades se cortarán así: para la primera, que es 2 2, se tirarán de los puntos 8 y x del arco mayor las dos perpendiculares 8 9, xz, á la cuerda 2 2 del arco menor prolongada: trasládese aparte en el *num.* 7. esta cuerda con sus divisiones 2 9, 2 z, y de los puntos 9 z, levántense perpendiculares, á que se adaptarán las líneas 2S, 2O iguales al lado inclinado SS, y al inclinado correspondiente á la línea OO: trasládense tambien las divisiones que llevan los sobredichos lados como ántes se hizo; y por dichas divisiones tirando líneas se cortará la plantilla ajustada á la concavidad primera contenida entre las superficies de la pared obliqüa.

Para la de la segunda concavidad se tirarán á la sub-

ten-

tensa 2 4 del arco menor prolongada las perpendiculares x6, 7 5 de los puntos x, 7 del arco mayor: luego se tirará aparte una línea igual á la 2 6 4 5, y levantando perpendiculares de los puntos 6 y 5, y aplicando como ántes los lados inclinados correspondientes á las líneas OO, MM con sus divisiones, quedará trazada la plantilla, que no se ha descrito en la figura.

Las mismas plantillas de la una parte sirven para la otra, solo con que se inviertan. No me alargo á demonstrar estas operaciones, singularmente constando bastantemente su fundamento de lo dicho en otras antecedentes.

COROLARIO.

De aquí se colige el modo de trazar un arco abocinado inclinado en una pared, que le corte directamente sin obliqüidad; pues si bien se repara en las operaciones sobredichas, primero se han hecho las que son menester para dicho arco en pared directa; y despues se fué cortando lo que se necesita, para que las plantillas se ajusten al arco que se ha de executar en pared obliqüa. Procúrese entender bien esta práctica, porque es muy universal, y con ella se podrán formar muchos de los arcos que se han explicado hasta ahora; y sirve mucho para lo que se ha de tratar en el libro siguiente.

PROP. XXXVII. Problema.

Trazar un arco abocinado inclinado y obliqüo. (*fig.* 45.)

Imagínense dos frentes de arco semicircular paralelas entre sí, pero la una mayor que la otra, y la una en lugar mas alto que la otra, y juntamente que esté la una hácia el un lado, y la otra hácia el otro; y sean sus diámetros AB y CD, y en el triángulo del *num.* 1. sea el ángulo F la inclinacion del arco; esto es, el diámetro del círculo mayor esté mas alto que el del menor, quanto es la línea EG en dicho triángulo. Esto supuesto, tírese en la figura de los círculos del centro F del menor, la línea FH igual

igual á la línea EG del triángulo, y perpendicular á la AB: tírese aparte la AB igual á la AB de los círculos: córtese en ella la BH igual á la otra BH; y del punto H baxe la perpendicular HF, que será la distancia de la una frente á la otra, y tirando una paralela por el punto F, se cortarán allí las FD, FC iguales á las de arriba; y cortando tambien la HA igual á la HA de arriba, y la HE igual á la HE, se tirarán las líneas AC, EF, BD; y poniendo las divisiones ordinarias en las AB, CD, se tirarán las líneas de unas á otras, y quedará formada la icnografía horizontal del arco. Supónganse tambien tirados los perpendículos de las divisiones del arco mayor, de suerte, que pasen hasta las del menor prolongado; y con esto se podrán hallar los lados inclinados de la misma suerte que en la proposicion antecedente.

Por exemplo, el lado inclinado que corresponde á la línea icnográfica AC, se hallará tirando aparte en el triángulo *num.* 2. la misma AC; y del punto A se levantará la perpendicular Aa igual á la línea Aa, que en la figura de los círculos es la distancia del plano horizontal, en quien se halla el diámetro CD del otro plano horizontal en que se halla el diámetro AB: en el punto C del triángulo no es menester levantar perpendicular alguna, sí que tirando la aC, será esta el lado inclinado que junta los puntos C y A. Asimismo se hallarán los demas; porque tirando aparte la línea ignográfica NK, y levantando del punto K una igual á la dicha Aa, sin levantar ninguna del punto N, la hipotenusa de este triángulo seria el lado inclinado correspondiente á la NK. Respecto de la IM, que pertenece á la superficie convexâ del arco, se tiraria aparte la ID; y del punto M se levantaria la perpendicular igual al perpendículo MS; y del punto I otra perpendicular igual al perpendículo IL; y así de los demas, tomando siempre los perpendículos del círculo mayor desde la línea aD.

Las plantillas para entrambas frentes se hallan ya en los arcos fundamentales. Las de los lechos se cortarán de la misma suerte, tirando, como en la proposicion pasada, perpendiculares de las juntas de la frente del arco mayor,

á

á las juntas del menor prolongadas, como se vé en ST; y asimismo las plantillas para las concavidades se harán tirando perpendiculares de los extremos de las cuerdas del arco mayor á las cuerdas del menor prolongadas, como se vé en la VX perpendicular á la NX. En lo demas se procederá como en la proposicion antecedente, y así no multiplico las figuras.

COROLARIO.

De lo dicho se colige, que con igual facilidad se trazaria el arco, caso que entrambas frentes fuesen iguales, ó la inferior mayor que la superior; ó caso que entrambos fuesen rebaxados, ó el uno de medio punto, y el otro rebaxado, ú entrambos de pies desiguales: y por consiguiente, es esta regla muy general, y aprovecha para trazar los capialzados, como se verá en las proposiciones siguientes.

PROP. XXXVIII. Problema.

Trazar un arco capialzado, que por una frente sea de medio punto, y por la otra escarzano. (fig. 46.)

Suélense fabricar los arcos capialzados en las puertas y ventanas, para que mediantes sus derramos se puedan abrir mas francamente, y admitan mayor copia de luz. Sea pues ADEFGC la planta horizontal del arco capialzado que se ha de fabricar, en la qual AC es el diámetro menor del arco, que por esta parte interior ha de ser de medio punto; y EF sea el diámetro mayor del mismo arco, que por esta parte exterior ha de ser escarzano: sean AD y CG la profundidad seguida del arco de medio punto; y hechos los recodos en D y G para el descanso y firmeza de las puertas, sean DE y GF sus derramos. Esto supuesto, descríbase sobre el diámetro AC el arco de medio punto, y córtese la CH igual á GF: del punto H levántese la perpendicular HB; y del punto F su paralela FK; y del punto B la BK paralela á la

la AC : tírese del punto E la EL paralela é igual á FK: por los puntos L y K tírese el arco escarzano KIL , dándole la montea que se quisiere , y quedará formado quanto es menester para cortar las plantillas , como se sigue.

Por ser este arco recto, y todos sus ángulos , exceptando los que resultan del derramo , son rectos , bastará formar para su fábrica solamente las plantillas de los lechos. La primera, que es horizontal , es PCGF. La del segundo lecho MN se formará así : tírese aparte en el *num.* 1. la DC á discrecion , de quien se sacará la perpendicular DF igual á la CG de la figura principal ; y la FE igual al recodo : del punto E sáquese la perpendicular EM igual á SF ; y del punto M la perpendicular MN igual á la junta MN de la figura principal ; y tirando la EN, quedará formada la plantilla , que es DFECN: la MN se podrá extender hasta O , para formar allí el paramento segun se quisiere , y será la DO toda la plantilla. La del tercer lecho , que se pinta en el *num.* 2. se formará de la misma suerte , tomando allí la QR igual á la QR de la figura principal.

Segun lo que aquí hemos obrado , los lados de los lechos ó juntas son líneas rectas ; pero regularmente suelen hacerse algo curvas , y parecen mejor á la vista , á lo qual llaman algunos capialzado á lo pechina. El modo de formarle se dirá en la proposicion 40.

PROP. XXXIX. Problema.

Formar un arco , que por una frente sea á nivel ó adintelado , y por la otra capialzado. (fig. 47.)

Suélense muy freqüentemente hacer estos arcos sobre puertas y ventanas quadradas ; por lo qual son por una parte escarzano ú de otro género , y por la otra se rebaxan á nivel , formando la línea recta que viene á cerrar y terminar por arriba lo claro de la puerta ó ventana. Sea pues en la *fig.* 47. la icnografía ó planta de la puerta ABCDEF , en la qual BD es la planta que rectamente forman los postes ; AB y EF son los derramos ; y BE

BE los recodos para los exes y asiento y batedor de las puertas: pídese, que sobre AF se describa un arco, por exemplo, escarzano (podia ser de medio punto ú de cordel, &c.) el qual ha de profundarse hasta la CD de suerte, que en BE sea ya línea recta.

Operacion. Descríbase sobre AF el arco escarzano AKF: (*prop*. 2.) distribúyase en sus partes, de quienes se tirarán los perpendículos acostumbrados, continuándoles por toda la planta hasta la CD: continúense con líneas ocultas las CB y DE hasta G y H, y será GH igual á BE. Hecho esto, córtese en la AF desde el punto I la IX igual á la IK, y la IZ igual á la LL; y del punto M tírense las MZ, MX, y estos serán los lados inclinados ó las juntas. De esta planta se sacarán las plantillas como se sigue.

1. Las de la frente escarzana se vén ya formadas en el mismo arco AKF. Las de la frente rebaxada á nivel se hallan tambien trazadas con solo continuar las juntas hasta la línea GH, que es igual á BE, y se supone por ella misma.

2. Las plantillas para los lechos se cortarán así: La del primer lecho, si el arco mueve de plano horizontal, es el rectilíneo ABCN; pero si mueve de salmer, que es lo que hace mejor vista, se tirará en la figura mayor la Aq perpendicular á NB. Tírese aparte *num*. 1. la EB indefinida, y córtese en ella la qB igual á la qB de la mayor. Del punto q levántese la perpendicular qA indefinida: tómese con el compas la BA; y desde B, *num*. 1. señálese el punto A: tírese la AR igual á la junta AR del arco y paralela á BE; y hecho el recodo B igual á su correspondiente, como tambien la BC á la BC, se tirará la CD paralela á BE; y la RD paralela á AS, y quedará hecha la plantilla.

La del segundo lecho se hará en esta forma: Tírese en la figura mayor la LO paralela á la junta LS; y del punto L de la dovela AKF, tírese la LO perpendicular á la dicha paralela. Repítase aparte en el *num*. 2. la LO que es paralela á la junta; y del punto O levántese la perpendicular OM indefinida: tómese con el compas la inclinada MZ, y desde L, *num*. 2. señálese en la perpendicular el punto M: tírese la MS paralela á LO igual á la junta LS; y tirando la ST paralela é igual á la OM,

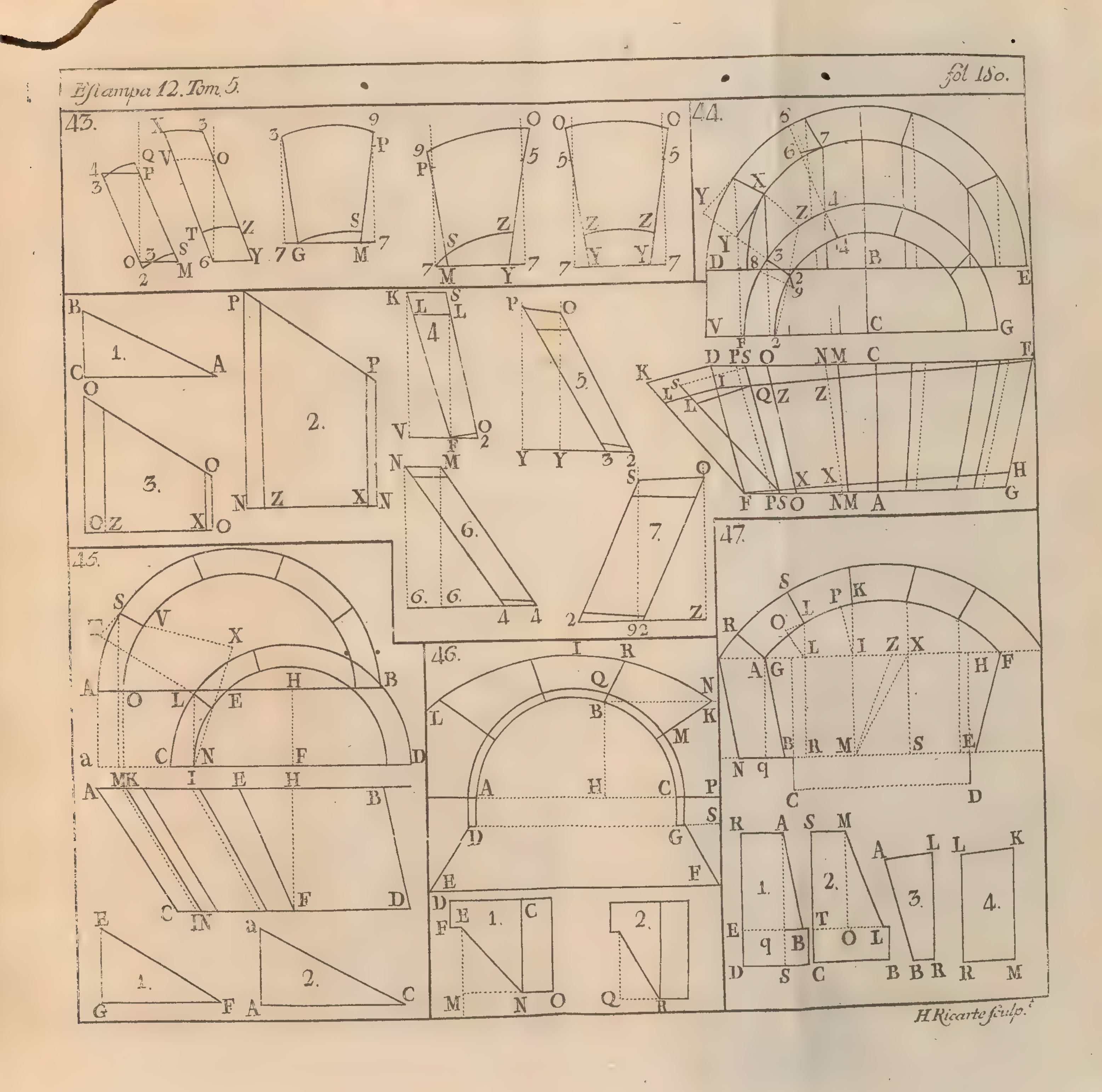
se continuará la LO hasta T; y añadiendo el recodo y el paralelógramo BT como en la antecedente, quedará trazada la plantilla. Para la del tercer lecho se tomará la IP en lugar de la LO; y en lugar de la inclinada MZ se tomará la MX, y se obrará de la misma manera.

3 Las plantillas para las concavidades se cortarán como se sigue. Para la primera AL se tirará aparte, *num.* 3. la BR igual á la otra BR: levántese la perpendicular RL igual al lado inclinado MZ: hágase el ángulo ABR igual al otro ángulo ABR, y sea la AB igual á la otra AB en la figura principal; y tirando la AL quedará formada la plantilla; y si se hubiere obrado bien la AL de la plantilla, será igual á la cuerda AL del arco. Para la segunda concavidad LK se hará en el *num.* 4. la RM igual á la otra RM: levántese la perpendicular MK igual al lado inclinado MX: levántese tambien la perpendicular RL igual al lado inclinado MZ; y tirando la LK, será igual si se hubiere obrado bien á la cuerda LK del arco, y quedará trazada la plantilla. La de la clave se hará tirando aparte la MS igual á la MS, y se sacarán de sus extremidades las perpendiculares, entrambas iguales al lado inclinado MX, y cerrando el paralelógramo, quedará hecha la plantilla. Á estas plantillas de las concavidades se añadirán, si pareciere, los rectángulos, que son las plantillas de lo correspondiente á cada una en el plano BD, donde se rebaxa el arco á nivel. Omito la demonstracion de estas prácticas, por consistir mas en la fuerza de la imaginacion, que en Teoremas Geométricos, y ser la demonstracion de poca utilidad.

PROP. XL. Problema.

Trazar un arco, que por una frente sea á nivel, y por la otra capialzado á lo pechina. (*fig.* 48.)

Esta especie de capialzado es mas garbosa, y por imitar en algun modo á una concha, le suelen llamar *á lo pechina*: se diferencia de los antecedentes, en que las juntas ó lados inclinados no son líneas rectas, sí algo cur-


Estampa 12. Tom. 5.
fol 150.
43.
44.
45.
46.
47.
H. Ricarte sculp.

curvas: su construccion es la misma que en los pasados, solo se añade el dar la curvatura á los lados sobredichos: y para mayor claridad explicaré toda su práctica, aunque se repitan algunas operaciones explicadas ya en las proposiciones antecedentes.

Sea pues en la *figura* 48. la planta de la puerta ABCDEF, y la AF sea el diámetro del claro del arco, que por exemplo sea escarzano, el qual ha de profundarse hasta CD, formándose allí á nivel, donde ha de tener la crasicie BC. *Operacion.* Descríbase el arco escarzano sobre AF (2.) con sus divisiones y perpendículos acostumbrados, que se prolongarán hasta la CD. Córtese en la AF desde el punto I la IZ igual al perpendículo LL; y la IX igual al perpendículo II: y tírense las rectas MZ, MX, que son las juntas ó lados inclinados, como se dixo en la proposicion antecedente. Hállese ahora en la ME prolongada, si fuere menester, un centro, desde el qual por los puntos M, Z se describa el arco MZ; y asimismo otro centro en la misma ME, desde el qual se describa el arco MX. Hecha esta delineacion, se cortarán las plantillas en la forma siguiente, que con poca diferencia es la misma de la proposicion pasada.

1 Las de los paramentos están ya descritas en la misma figura.

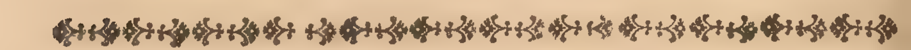
2 La del lecho primero, que forma el salmer, es el rectilíneo AOC solo, que la AQ y la KO han de ser iguales á la AG.

La del segundo lecho se hará tirando la OB larga á discrecion, y cortando la BK igual á la LO, se levantará la perpendicular KL; y ajustando desde B la BL igual á MZ, y haciendo la LN igual á la junta LN, y paralela á OB, se concluirá como ántes lo demas. Luego se describirá el arco LB con el mismo radio que el arco MZ, y quedará concluida la plantilla, como se vé en el *num.* 1.

La del tercer lecho es la del *num.* 2. que se forma de la misma suerte, solo que la MB es igual á IP, y la IB es igual al lado MX; y el arco IB se ha de hacer con el mis-

mismo radio que se hizo en la figura mayor del arco MX.

3 Las plantillas para las concavidades se harán como en la proposicion antecedente ; y para dar la curvatura á las piedras se habrán de cortar las cerchas: esto es, para la frente escarzana, una regla cercha ajustada al ángulo mixtilíneo NLA, que servirá para todas; y para el lado ó junta que sale de L, se formará una cercha igual y ajustada á la curva MZ : para la junta que sale de A no es menester cercha alguna por ser línea recta ; y si se le quisiere dar curvatura, se hallaria continuando la BE en la figura mayor, y de un punto de dicha línea describiendo el arco EF : á la de la concavidad LI se le dará en el lado que sale de L la curvidad con la sobredicha cercha MZ : y al lado que proviene de I, con otra cercha ajustada é igual al arco MX : á la clave se le dará por entrambos lados la curvatura con la misma cercha MX. Las de la otra parte del arco son como las primeras, solo que los lados están encontrados, como se colige de la misma operacion.



LIBRO III.

DE LAS BÓVEDAS CÓNICAS.

Así como las bóvedas cilíndricas son porciones de cilindros, así las cónicas son porciones de pirámides cónicas, y por consiguiente vienen á rematar en un punto : es grande su fortaleza miéntras tengan los estribos competentes á su rempujo. Suelen por lo regular fabricarse en los ángulos de los edificios, y son de grande utilidad ; porque con ellas se da comunmente mayor extension á las piezas de una fábrica, dilatándolas mas de lo que permiten sus paredes, y quedando parte de ellas avanzadas hácia fuera, y como en el ayre, sin

sin que por eso corran algun riesgo de ruina. El modo con que se forman y trazan las mas principales de estas bóvedas, será la materia de este libro.

DEFINICIONES.

1 *Basa de una bóveda cónica*, es el plano vertical ó quasi vertical, de donde empieza á correr, hasta rematar en el ápice ó punto terminante; y la distancia que hay de dicho plano á este punto, es la *longitud de la bóveda*.

2 *Exe de una bóveda cónica*, es la línea recta, que pasa del centro de su basa hasta dicho ápice ó punto terminante. Si este exe fuere perpendicular ó recto á la basa, será la *bóveda cónica recta*; y si obliqüo, será *obliqüa*.

3 Concíbese resultar la bóveda cónica del movimiento de un triángulo, que da una vuelta sobre uno de sus lados; de suerte, que el lado sobre quien como exe se mueve, será el exe de la bóveda; y los otros lados que se mueven sobre el dicho, formarán el uno la vuelta de la bóveda, y el otro su basa ó frente.

PROP. I. Problema.

Trazar una bóveda cónica recta. (*fig.* 49.)

Lo que se dixere de esta bóveda, servirá de fundamento para las demas; y así convendrá hacer de ella cabal concepto. Su idea se formará, imaginando el triángulo ABC en el plano horizontal; y el arco CGA levantado perpendicülarmente sobre el dicho plano; y que de cada punto de la circunferencia del arco vengan líneas rectas al punto B: con que quedará formada la bóveda por la parte cóncava, cuya planta será el triángulo ABC. Asimismo se hará concepto de su formacion, si se imagina que el triángulo EDF da una vuelta sobre el lado DE; porque pasándose el punto F al punto I, se formará el semicírculo vertical FHI; y la DF formará

la

la superficie convexâ de la vuelta; y pasando tambien con el sobredicho movimiento el punto A al punto C, se formará el semicírculo AGC; y la BA describirá la superficie cóncava, y será la DE el exe de la bóveda, el qual por ser dicha bóveda recta, se supone ser perpendicular al diámetro CA, y plano del círculo IHF: de que se sigue, que todas las rectas, que de la periferia cóncava AGC vienen al punto B, son entre sí iguales, como tambien las que vienen de la periferia convexâ FHI al punto D.

Hecho pues el triángulo IDF y el CBA, se describirá del centro E los dos semicírculos sobredichos, que se dividirán del modo ordinario en sus piedras, y de las divisiones se tirarán á la IF los acostumbrados perpendículos; y tirando rectas del punto B á las divisiones que forman en la CA, los perpendículos que baxan de la parte cóncava del arco serán los vestigios ó planta de las juntas de las piedras que concurren todas en B. Con esto las plantillas de los paramentos se vén ya formadas en el arco que se ha descrito: las de los lechos son todas iguales al trapezio ABDF, y tienen la línea BD comun, por concurrir allí todos los lechos, como se colige de lo dicho.

Las plantillas para lo cóncavo de las piedras, se formarán describiendo del punto B con la distancia BA el arco AK igual á AG; y tirando la subtensa AK, el triángulo ABK será la plantilla para las concavidades de todas las piedras, á quienes se les dará despues la curvidad con una regla cercha ajustada al ángulo curvilíneo HGA. De la misma suerte se cortarán plantillas, si se quisiere, para las superficies convexâs, haciendo del punto D con la distancia DE el arco FL; y tirando una tangente por el punto O, que divide por medio el arco FL y el triángulo MDN, será la plantilla, á quien se le dará la curvatura con una regla cercha ajustada al ángulo GHF.

PROP.

PROP. II. Problema.

Trazar una bóveda cónica quadrada. (*fig.* 50.)

La bóveda que se describió en la proposicion antecedente, tenia por planta horizontal un triángulo; y así se le pudo dar el nombre de *triangular*: la que ahora delineamos tiene por planta un quadrado, y por eso llamamos quadrada: es de grande utilidad en muchos casos, porque sobre ella se puede cargar un ángulo de una fábrica. Su idea es la siguiente. Sea el quadrado KABC su planta en el plano horizontal. (*fig.* 2.) Imagínese sobre el triángulo ABC la bóveda de la proposicion antecedente; esto es, una bóveda, que empezando á subir de sobre AB, BC, forme un arco de medio punto sobre la C; pero de suerte que sus piedras se continuen hasta que sus extremidades correspondan perpendicularmente en el ayre sobre las AK y KC: de que se sigue, que toda la parte de bóveda que corresponde sobre el triángulo AKC, queda suspensa en el ayre, formando sobre AK una media frente de arco de punto levantado; y otra media frente sobre KC igual y semejante á la primera: no obstante lo qual, es de suficiente robustez esta bóveda para mantener sobre sí mucho peso. El modo de trazarla es el siguiente.

1 Hecho el quadrado sobredicho, se tirarán las DF, DL paralelas á las BA, BC, que determinen la crasicie de las paredes ú de la bóveda, y se extenderá la diagonal AC hasta F y L. Supóngase sobre la AL descrito el arco fundamental de medio punto con los perpendículos que dividen la FL del modo ordinario. (Por no confundir no se ha delineado en la figura del arco, sí solo las divisiones de la FL, que únicamente son menester.) Del punto B, por las divisiones que en la AC provienen del círculo interior, se tirarán líneas rectas; y del punto D, por las divisiones que en la FL provienen del círculo exterior, se tirarán tambien rectas, continuando las unas y las otras hasta los lados AK, KC, las qua-

quales son la icnografía horizontal de los lados inclinados de las piedras. Hecho esto, se ha de buscar la longitud verdadera de los lados inclinados, que como dixe, se extienden desde el punto B, hasta que la otra extremidad corresponda perpendicularmente sobre las líneas AK, KC; y juntamente es menester saber la altura de los perpendículos, que de la extremidad de cada lado inclinado caen sobre las dichas AK, KC: lo qual se hará en la forma siguiente.

2 Tírese aparte, como en el *num.* 2. la línea BK igual á la BK del *num.* 1. y con la distancia BA igual á la otra BA, hágase un arco de círculo: córtese la BE igual á la otra BE: levántese del punto E la perpendicular EL, hasta que corte el círculo en L: tírese por L la recta BLM larga á discrecion: levántese del punto K una perpendicular KM, que cortará la BM en M; y la BM será el lado inclinado correspondiente a la BK del *num.* 1. y la MK su perpendículo. Asimismo tómese en el *num.* 2. la BH igual á la BH del *num.* 1. levántese la perpendicular HS hasta que corte el círculo en S: tírese por S la BS alargándola á discrecion: tómese la BI igual á la otra BI: del punto I levántese una perpendicular, que cortará la BSI en I; y la BSI será el lado inclinado correspondiente á la horizontal BI del *num.* 1. y su perpendicular será II. De la misma suerte se hallará ser BN el lado inclinado correspondiente á la horizontal BQ, y NQ su perpendículo; y estos son los lados inclinados y perpendículos correspondientes á las juntas de la parte cóncava de la bóveda.

Para la convexâ se obrará de la misma manera, tirando aparte *num.* 3. la DK igual á la DK del *num.* 1. y con el intervalo DF igual á la otra DF del *num.* 1. se hará un arco FG; y cortando la DE igual á la otra DE, se levantará desde E una perpendicular que cortará el arco en G; y tirando por G la recta DGC, se levantará del punto K la perpendicular KC; y la DC será el lado inclinado correspondiente á DK por la parte convexâ de la bóveda, y su perpendículo será CK. Asimismo tóme-

se

se la DP igual á la otra DP, y levántese la perpendicular PH; y tirando la DHL, se tomará la D3 igual á la otra D3, y del punto 3 se levantará la perpendicular 3L, y será DL el lado inclinado correspondiente á D3 del *num.* 1. y L3 su perpendículo. Ultimamente, tómese la DI igual á la otra DI: levántese la perpendicular II, y tirando la DI, se tomará la DX igual á la otra DX: y levantando la perpendicular X4, será la D4 el lado inclinado correspondiente al otro DX, y 4X su perpendículo.

3 Ahora es menester formar los arcos, que sobre las AK, CK sirven de frente á la bóveda; y porque son iguales, bastará formar el de la una parte. Tírese pues separadamente, para evitar confusion, en el *num.* 4. la KG igual á la KG del *num.* 1. y con sus mismas divisiones: y de cada division levántese una perpendicular igual al perpendículo que corresponde á dicha division en las figuras del *num.* 2. *y* 3. esto es, del punto K la perpendicular KM para el arco interior, y KC para el exterior: asimismo, del punto I se levantará la II igual á la II del *num.* 2. y del punto Q la QN igual á la QN del *num.* 2. Asimismo del punto 3 se levantará la perpendicular 3L igual á la 3L del *num.* 3. y del punto X la X4 igual á la X4 del mismo *num.* 3. Y guiando una línea curva por las extremidades de estas perpendiculares, quedarán delineados los arcos ó frentes de la bóveda; y allí mismo las plantillas para los paramentos.

4 Las plantillas para los lechos no se diferencian de las que se cortaron en la proposicion antecedente en otro, que en haberse de alargar ó acortar hasta que lleguen á encontrar con los planos verticales, que se imaginan sobre las AK, CK *num.* 1. Porque si fuere la bóveda de la proposicion pasada, seria la plantilla comun para todos los lechos el trapezio FABD: contínúense pues en esta las DF, BA *num.* 1. á discrecion; y en la DF prolongada nótense desde D los lados inclinados del *num.* 3. ménos el DC, por pertenecer al medio de la clave, donde no ha de haber junta: con que se hará DT igual á DL, y DR igual á D4. Asimismo

mo en la BO, *num.* 1. se trasladarán los lados inclinados del *num.* 2. haciendo BO igual á BI, y BS igual á BN; y tirando las líneas FO, RS, quedarán formadas las plantillas: y así la del primer lecho, que es horizontal, será el trapezio BAGD; la del segundo BSRD; y la del tercero BOTD.

5 Para las concavidades sirven tambien las plantillas de la proposicion pasada, pero prolongadas como las antecedentes: el modo de trazarlas es el siguiente. Descríbase aparte, *num.* 5. el arco AG con el radio BA igual á la BA del *num.* 1. Córtense en este arco las divisiones AH, HG, GG iguales á las del arco fundamental. Divídase el arco GG por medio con la BM, que se hará igual á la BM del *num.* 2. Tírense del centro B las BGI iguales á la BI del *num.* 2. y la BS igual á la BN; y juntando las AS, SI, IM, IM, será BIMI la plantilla plana para la concavidad de la clave; BSI para la segunda piedra; y BSA para la primera, á quienes se dará la concavidad curva con la regla cercha ó bayvel ordinario, cortado segun la frente del arco fundamental.

PROP. III. Problema.

Trazar una bóveda cónica quadrada, cuya frente sea circular ó rebaxada. (fig. 51.)

La bóveda de la proposicion antecedente se empezó á trazar por el arco de medio punto que la divide por medio; de que resultó, que las dos porciones de arco que formaban su frente, eran de arco de punto levantado. Pídese ahora, que estas dos porciones que forman la frente sean de arco de medio punto; para lo qual es necesario empezar la operacion por estas frentes, como se sigue. Sea en el *num.* 1. como en la proposicion pasada, el quadrado ABCD la icnografía horizontal de la bóveda: descríbase sobre el lado DC el quadrante CK con su dovela exterior ZR, como se vé en la figura: divídase en sus juntas, y tírense los perpendículos á la DR. Esto mismo se habia de hacer sobre la DO; pero bastará pa-

pasar allí las divisiones de la DR. De las divisiones que en las DC, DA provienen de la periferia cóncava, tírense líneas al punto B; y de las que en las DR, DO nacen de la convexâ, tírense líneas al punto V; y estas líneas serán los vestigios horizontales de las juntas ó lados.

1 Hecho esto, se han de hallar las juntas ó lados inclinados, para lo qual se tirará aparte, *num.* 2. la BE igual á la BE del *num.* 1. y se levantará la EG igual á la EG del *num.* 1. y tirando la BG, será este el lado inclinado de la parte cóncava. La razon es clara; porque si el triángulo BGE se pone verticalmente levantado sobre la BE del *num.* 1. por ser la EG del triángulo igual á la otra EG, el punto G estará en la periferia del quadrante CK levantado tambien verticalmente sobre la CD; y por consiguiente, la línea GB será el lado ó junta inclinada de la parte cóncava de la bóveda. Asimismo se cortará, *num.* 2. la BM igual á la otra BM, y levantando la perpendicular ML igual á la otra ML, será BL el lado inclinado correspondiente á la BM del *num.* 1. De esta misma suerte se hallarán los lados inclinados de la parte convexâ. Tírese pues aparte, *num.* 3. la VF igual á la VF del *num.* 1. y levántese la perpendicular FN igual á la otra FN; y la VN será el lado inclinado correspondiente á la VF del *num.* 1. Asimismo tómese la VH igual á la otra VH: levántese la perpendicular HI igual á la otra HI; y la VI será el otro lado inclinado.

2 Las plantillas de los paramentos se hallan hechas en el quadrante HZ, *num.* 1. Las de las concavidades se harán tirando aparte en el *num.* 4. la EE igual á la distancia EE del *num.* 1. Fórmese el triángulo isosceles EHE, haciendo los lados EH iguales al lado inclinado BG del *num.* 2. Fórmese sobre la EE el triángulo isosceles EKE, haciendo los lados KE iguales á la subtensa KG del *num.* 1. y el trapezio HEKE será la plantilla para la concavidad de la clave. Sobre la HE fórmese el triángulo ELH, tomando la EL igual á la subtensa GL del *num.* 1. y la HL igual al lado inclinado BL del *num.* 2. y este triángulo será la plantilla de la segunda concavidad. Hágase asimismo sobre la HL el trián-

triángulo LMH, tomando la LM igual á la subtensa LC; y HM igual al lado BC del *num.* 1. y este triángulo será la otra plantilla.

3 Para trazar las plantillas de los lechos supónganse en el quadrante del *num.* 1. continuadas las juntas GN, IL hasta la DC, que por ser de medio punto vendrán todas al centro D. Hágase aparte en el *num.* 5. el triángulo VHE, tomando la HV igual á la BD del *num.* 1. y la VE igual á la distancia DG en el mismo *num.* 1. y la HE igual á la BG del *num.* 2. Continuando despues la VE hasta R, de suerte, que ER sea igual á la GN del *num.* 1. será el ángulo REH el que hace la junta GN de la frente con el lado inclinado que sale de G. Alargando ahora la HV hasta T de suerte, que HT sea igual á la BV del *num.* 1. se tirará la RT, que habiéndose obrado bien, será igual á la VN del *num.* 3. y el trapezio THER será la plantilla del lecho perteneciente á la GN del *num.* 1. De la misma manera se hará la plantilla para el lecho de LI, formando el triángulo del *num.* 6. con las líneas PH igual á BD del *num.* 1. y PL igual á DL del *num.* 1. y HL igual á BL del *num.* 2. que es el lado inclinado que le corresponde; y añadiendo las LS y HT iguales á LI y BV del *num.* 1. y tirando la TS, será HLST la plantilla; y así de las demas. La horizontal es en el *num.* 1. el trapezio BHRV.

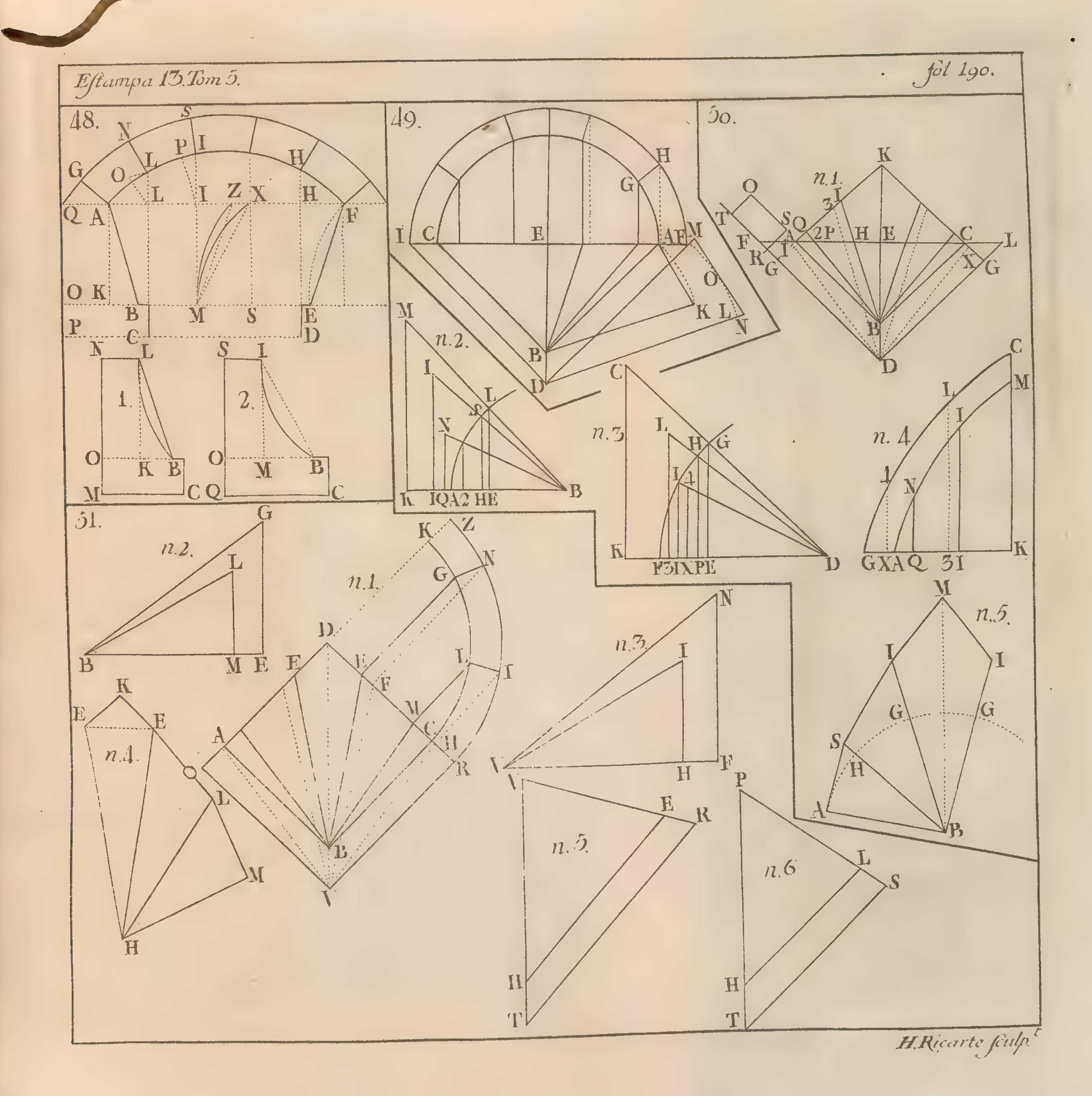
Nótese bien esta práctica, que sobre no ser dificultosa es muy general para trazar diferentes bóvedas: y si se pidiere que la frente fuere rebaxada, se obraria de la misma suerte, solo que el quadrante CK, num. 1. se haria rebaxado.

PROP. IV. Problema.

Trazar una bóveda cónica en un rectángulo quadrilongo. (fig. 52.)

Esta bóveda solo se diferencia de la que se trazó en las *proposiciones* 2 *y* 3, en que en aquella era la planta quadrada, y por consiguiente los dos quadrantes de la frente eran iguales; pero en esta es la planta quadrilonga, y por consiguiente son los quadrantes de su frente desigua-

les.


Estampa 13. Tom 3.
fol 190.
48.
1.
2.
49.
n. 2.
n. 3
50.
n. 1.
n. 4
n. 5.
51.
n. 2.
n. 1.
n. 4.
n. 3.
n. 5.
n. 6
H. Ricarte sculp.

les. Sea pues la planta de la bóveda el quadrilongo DABC. Descríbase sobre el lado DC el quadrante de aquella frente ; sea de medio punto ó rebaxado como en este exemplo. Divídase en sus partes , de quienes baxen los perpendículos á la DC , como se acostumbra. Sobre la AD se ha de describir otro quadrante de igual altura con el otro , en esta forma : tírese la recta AC , y de cada division de la DC tírense paralelas á la AC , que corten la AD , y quedará esta dividida proporcionalmente como la DC. Hecho esto , levántense de las divisiones de la AD perpendiculares iguales á las del otro quadrante, y quedarán entrambos descritos. Con esto se hallarán los lados inclinados , y luego las plantillas , como en la proposicion antecedente.

PROP. V. Problema.

Describir una bóveda cónica , cuya icnografía horizontal sea circular , cóncava ó convexâ.
(*fig.* 53.)

Bastará expresar en la figura una mitad de estas bóvedas ; porque la otra mitad se traza de la misma manera. Sea pues (*fig.* 53.) en el *num.* 1. el sector ACD la planta de la mitad de una bóveda cónica , que feneciendo en el punto A , su frente corresponda verticalmente sobre la porcion de círculo CD ; y por consiguiente será convexâ : pídese su construccion.

Operacion. Sobre CB , como semidiámetro , descríbase el quadrante CL ; y el otro ST para formar su dovela , y tirando la SH paralela á CA , quedará determinada la crasicie de la bóveda : divídase el quadrante en sus piedras , y tírense los perpendículos á SB , como se acostumbra ; y de los puntos C , F , E , B tírense rectas al punto A : estas serán las plantas horizontales de las juntas de la concavidad ; y de los otros puntos tírense rectas al punto H , que serán las plantas de las juntas de la convexîdad , prolongando unas y otras hasta el arco CD.

Aho-

1 Ahora se hallarán los lados inclinados de la concavidad, tirando aparte en el *num.* 2. la recta AD igual á la AD del *num.* 1. á quien se transportarán las distancias AB, AE, AF del mismo *num.* 1. De los puntos B, E y F del *num.* 2. se levantarán perpendiculares, que sean iguales á sus correspondientes en el arco fundamental CL, y la DO á discrecion. Tírense del punto A por los extremos de ellas las hipotenusas; y estas serán sus lados inclinados pertenecientes á la parte cóncava de la bóveda, hasta los puntos que en ella corresponden perpendicularmente sobre la SB. De la misma suerte se hallarán los que pertenecen á la convexâ: tomando la HD por basa del triángulo, *num.* 3. igual á la HD del *num.* 1. á quien se trasladarán las líneas de puntos que salen de H hasta la SB; y levantando de las divisiones las perpendiculares iguales á las que descienden de la periferia exterior del arco fundamental; y las hipotenusas tiradas del punto H por sus extremidades, serán los lados inclinados de la parte convexâ de la bóveda hasta sobre la SB.

2 Hecho esto, se formarán las plantillas para las concavidades de este modo. Descríbase aparte, *num.* 4. con el intervalo AC igual á AC del *num.* 1. un arco CL á discrecion: córtense los arcos LM, MN, NC iguales á los del arco fundamental *num.* 1. y por las divisiones tírense del centro A las rectas AL, AM, AN, AC largas á discrecion. Háganse estas líneas iguales á los lados inclinados de la concavidad, que se han hallado en el *num.* 2. y uniendo las extremidades con líneas algo curvas, se tendrán las plantillas para las concavidades.

3 Las de la frente se cortarán en materia flexîble, y se trazarán de esta manera: extiéndase en el *num.* 5. en línea recta la DQ del *num.* 1. con sus mismas divisiones: de las D, D, D pertenecientes á la parte cóncava, levántense perpendiculares iguales á los perpendículos DO, DR, DP hallados en el *num.* 2. y por los puntos C, P, R, O llévese una línea curva: asimismo de los puntos E, B, D pertenecientes á lo convexô, levántense las perpendiculares iguales á los perpendículos del *num.* 3. esto es, DA igual á DA; BB igual á DB; y EE igual

igual á DE; y por los puntos Q, E, B, A tírese una línea curva; y tirando la BR, EP, quedarán formadas las plantillas de los paramentos.

4 Para cortar las de los lechos se ha de suponer, que por ser en este exemplo el exe AB recto al plano circular CL, *num.* 1. el ángulo que forman todos los lados inclinados con la línea AH, es igual al ángulo HAC. Esto supuesto, si se quiere cortar la plantilla para el lecho de la junta M, se tirará aparte, *num.* 6. la recta AR igual al lado inclinado AR del *num.* 2. que es de la parte cóncava: luego se formará el ángulo A igual al ángulo HAC, *num.* 1. haciendo la AH igual á la AH del *num.* 1. Tírese despues la HB paralela á AR é igual á la HB del *num.* 3. y juntando la BR quedará trazada la plantilla para dicho lecho; y asimismo se trazarán las demas, tomando del *num.* 2. *y* 3. los lados inclinados sus correspondientes.

Si la bóveda cónica tuviere la planta circular cóncava, como por exemplo AIKT, se obrará en la forma siguiente. Supuesto el arco fundamental y los perpendículos ordinarios, de los puntos E y F se tirarán líneas al punto A, y de los otros puntos al punto H: luego se trasladarán á la figura de los lados inclinados, *num.* 2. las AI, AG, AK del *num.* 1. Del punto I, *num.* 2. se levantará una perpendicular hasta la AO; del punto G hasta la AR; y del punto K hasta la AP, que para mas diferencia se han hecho de puntos; y las AV, AX, AY serán los lados inclinados de la concavidad, hasta en derechura de la periferia IKT; y sus perpendículos serán IV, GX, KY. De la misma suerte se hallarán los pertenecientes á la parte convexâ, pasando á la figura del *num.* 3. la HI, y las líneas de puntos que hay desde H, *num.* 1. hasta el arco IT, y obrando de la manera sobredicha.

Las plantillas para las concavidades se harán describiendo en el *num.* 7. un arco con la distancia AC igual á LI del *num.* 1. supuesto que LI sea el radio del arco IT. Trasládense al sobredicho arco las distancias TN, NM, ML del arco fundamental, añadiendo la LM para formar la clave: tírense las rectas AC, AN, AM, AL:

córtense de estas la AY, AX, AV iguales á los lados inclinados del *num.* 2. y será XAX la plantilla de la concavidad de la clave; XAY la de la otra concavidad, y YAC la de la siguiente.

Para trazar las plantillas de la frente, se extenderá aparte en línea recta la curva IGKTQ del *num.* 1. con sus divisiones, como se vé en el *num.* 8. De las divisiones G y K se levantarán las IV, GX, KY perpendiculares é iguales á las del *num.* 2. y de los otros puntos se levantarán las perpendiculares tomadas del *num.* 3. y por sus extremidades se tirarán las curvas, que formarán las periferias cóncava y convexâ de la frente, cuya planta es en el *num.* 1. la periferia IQ, donde se vén trazadas sus plantillas. Las de los lechos se trazarán como en la antecedente.

De lo que hasta aquí se ha explicado se puede colegir el modo de trazar otras bóvedas cónicas, semejantes en lo substancial á las sobredichas, aunque lleven algunas circunstancias diferentes, que por executarse con las mismas reglas, no me detengo en su particular explicacion.

PROP. VI. Problema.

Trazar una bóveda cónica, cuya frente esté escarpada, ó encuentre con un cañon de bóveda.
(*fig.* 54.)

En este caso se observarán las mismas reglas de las proposiciones pasadas, solo es menester añadir á ellas, que en caso de ser escarpada la frente de la bóveda, por disminuirse por arriba la crasicie del muro en que está dicha frente, se han de acortar los lados inclinados; y en caso de estar la frente en el cañon de bóveda, se habrán de añadir y prolongar segun fuere menester: lo que se executará en los mismos triángulos que se forman, para determinar la longitud verdadera de los lados inclinados.

Sirva de exemplo el triángulo rectángulo ABC; que supongo sea qualquiera de los que se han descrito para los lados inclinados en las operaciones antecedentes: tíre-

rese allí la línea AD, que sea la escarpa del muro, haciendo el ángulo DAC igual á la inclinacion de su plano; y las CD, CE, CF serán los lados inclinados. Asimismo sea GA la curvidad de la bóveda seguida, donde ha de estar la frente de la bóveda cónica: alárguense los lados inclinados hasta encontrar con la curva GA, y serán CG, CH, CI sus verdaderas longitudes. En lo demas se procederá como en las antecedentes.

PROP. VII. Problema.

Trazar un nicho semiemisférico, ó bóveda semiemisférica. (*fig.* 55.)

Las bóvedas de las proposiciones antecedentes eran porciones de pirámides cónicas; las que ahora he de explicar, son partes de bóvedas esféricas: y aunque pertenecian al libro siguiente, pero por hacer el mismo efecto, y servir para el mismo fin que las cónicas, trato de ellas en este lugar. La de esta proposicion servirá de fundamento para todas, y es su idea la siguiente.

Sea su icnografía horizontal el semiánulo LABCI, cuyo diámetro es LI: descríbase sobre LI el semicírculo LOI, y sobre AC el semicírculo ADC, y quedará descrito el arco fundamental: divídase este en sus piedras, é imagínese levantado verticalmente sobre LI, y será la frente de la bóveda, que teniendo por planta horizontal el anulo AKC, y descendiendo las piedras desde la frente á esta planta orbicularmente, se terminarán todas en la línea BK, y formarán un nicho, que por ser una quarta de esfera ó mitad del emisferio, la llamo *bóveda semiemisférica*. El modo de trazarla es el siguiente.

Divídase el semicírculo horizontal ABC en qualesquiera partes iguales en E, G, &c. tírense de las de un lado á las del otro líneas rectas, que serán paralelas á la AC: sobre estas como diámetros descríbanse semicírculos, que se dividirán en tantas partes, en quantas se dividió el semicírculo fundamental ADC. Hecha esta preparacion, se trazarán las plantillas como se sigue.

Las de la frente quedan trazadas en el arco ADC; las de los lechos son todas iguales al quadrante anular LABK. Para las concavidades bastará tambien formar una, por ser todas iguales, y se hará de esta manera. Tírese aparte en el *num.* 2. la recta MN igual á la curva MDN del *num.* 1. De su punto medio D tírese la recta DX igual al quadrante AB extendido; y divídase en tantas partes iguales, en quantas se dividió dicho quadrante AB: por estas divisiones tírense paralelas á la MN, é iguales á sus correspondientes en los semicírculos del *num.* 1. esto es, la QPQ, á la QPQ; la siguiente SFS, á la SFS, &c. Por sus extremidades llévese la línea curva á uno y otro lado, y quedará trazada la plantilla, que se cortará en materia flexîble, para que se pueda ajustar á la curvidad de la piedra.

El modo de trabajar las piedras con las plantillas sobredichas, será este: Hágase un cerchon ajustado á lo cóncavo del círculo AEB, y segun este, se le dará aquella curvatura á la piedra: á esta superficie cóncava ya trabajada se aplicará la plantilla MXN que se hizo en materia flexîble, y se señalará en ella su figura: luego se hará una regla cercha ó bayvel ajustado al ángulo LAM, y con esta se darán á la piedra los ángulos de los lechos con las concavidades; y aplicando á los planos de los lechos la plantilla LABK, se cortarán con perfeccion los lechos, y quedará perfecta la piedra. Puédese tambien trabajar de otra manera como saben los Maestros de Cantería.

El fundamento de estas operaciones es bien fácil, y se echa de ver considerando el semicírculo ADC, como en la esfera Celeste la Equinoccial, y las juntas de las piedras como Meridianos, que saliendo de los puntos M, N, &c. vienen á concurrir en el Polo B.

PROP.

PROP. VIII. Problema.

Trazar un nicho semiemisférico en un ángulo. (*fig.* 56.)

Pídese, que sobre la planta horizontal BAGC se forme un nicho ó bóveda como la antecedente, que asentando sobre la seccion anular ARVC, se levante esféricamente de suerte, que su vuelta consista en el ayre elevada sobre el sector BRV, terminándose en los planos verticales, que se imaginan sobre las horizontales RB, VB, que forman ángulo recto en B.

Operacion. Divídase el sector ABC por mitad con la línea BG, á quien se tirará la perpendicular XZ, y sobre ella se describirá el arco fundamental con sus perpendículos segun otras veces. Por los puntos en que los perpendículos que baxan de la parte cóncava NE cortan á la BE, descríbanse unos quadrantes de elipse, que concurran en el punto F; y de los puntos en que los perpendículos que baxan de la parte convexâ QZ cortan á la BZ, descríbanse otros quadrantes de elipse, que concurran en el punto G. Estos quadrantes se formarán por la regla dada en el *lib.* 2, *prop.* 3, y ellos serán los vestigios horizontales de las juntas de las piedras, como se puede demonstrar geométricamente. De los puntos T, I, S, O, en que dichos vestigios elípticos cortan á la BC, tírense paralelas á la BE; esto es, las TH y SL, que provienen de la parte cóncava del arco fundamental hasta el círculo interior FE; y las otras IK, OM, que provienen de la convexâ hasta el exterior GZ.

Las plantillas para las concavidades se formarán como en la proposicion pasada, y se vén en el *num.* 2. pero se han de cortar en ellas los arcos FH, FL, FO iguales á sus correspondientes en la fig. del *num.* 1. y será FHBHF la plantilla para la concavidad de la clave; HFL la de la segunda; y LFO la de la tercera, que se cortarán en materia flexíble. Las de los lechos están ya en la figura del *num.* 1. porque la del primero y horizontal es FVCG; la del segundo es FLMG; y la del tercero FHKG; y estas mis-

mismas sirven para la otra parte de la bóveda, y son las bastantes para trabajar las piedras, que se labrarán como las de la proposicion pasada.

Esta bóveda viene á ser la misma que la antecedente, solo que está cortada en correspondencia vertical á las líneas AB, CB, concurriendo todas sus piedras, como en la sobredicha, en la línea FG, quedando sus frentes sobre las AB, CB. Con esta misma práctica se trazarán otras bóvedas semejantes.

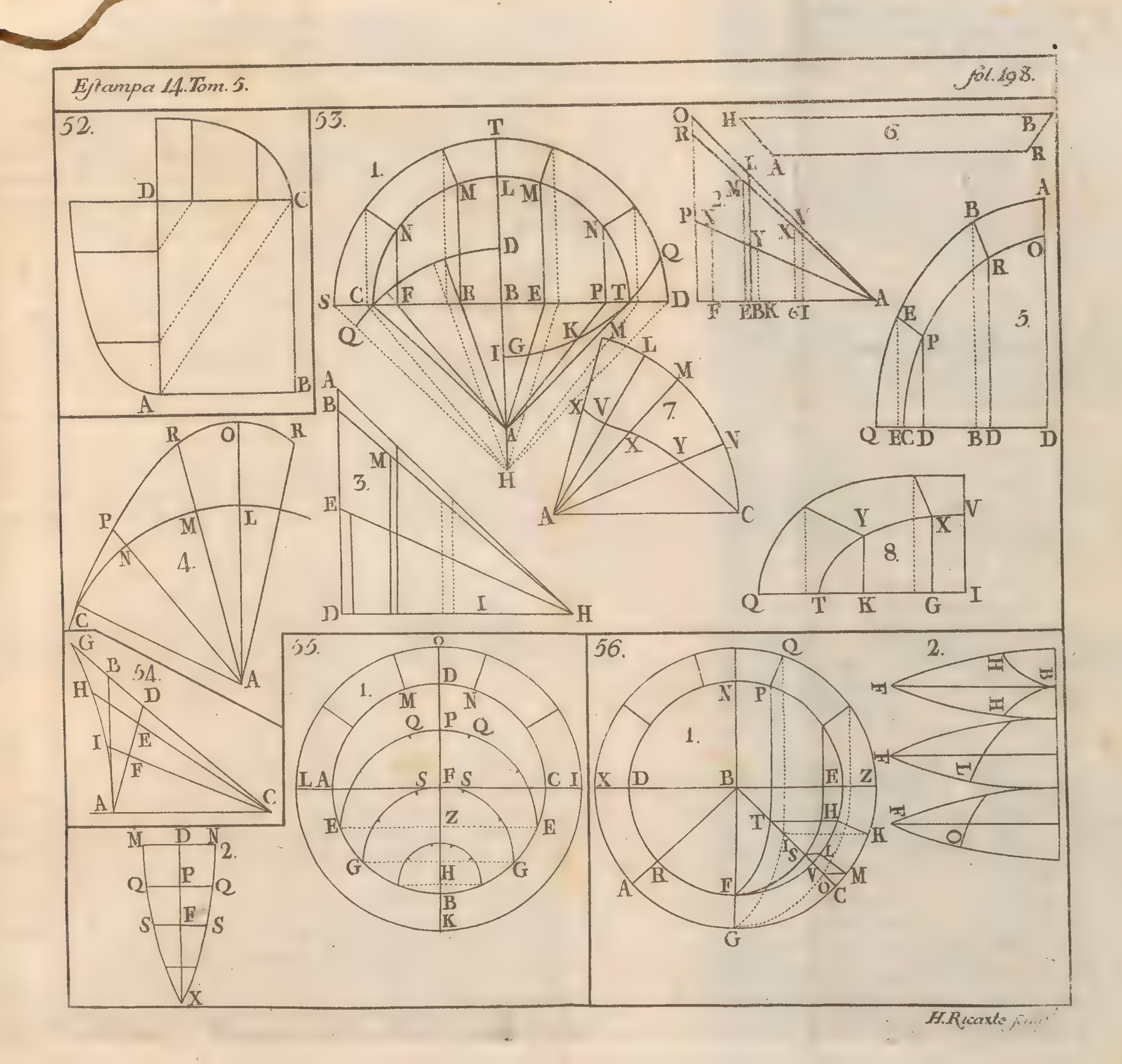
PROP. IX. Problema.

Formar un nicho rebaxado ó elíptico. (*fig.* 57.)

Esta bóveda ó nicho tiene su frente elíptica, y su basa puede ser circular, ó tambien elíptica; y para entrambos casos sirve la práctica siguiente. Sea el semiánulo elíptico AKC la planta sobre quien se ha de levantar una bóveda, cuya frente sea el arco elíptico ASL, el qual se dividirá en sus piedras tirando los ordinarios perpendículos: solo advierto, que todas las juntas se encaminen al centro E, por la razon que diré despues.

Las plantillas para los paramentos quedan formadas en el arco ASC; y segun los que allí forman las juntas con la concavidad, se cortarán las reglas cerchas ó bayveles para labrar las piedras. Para formar las plantillas de los lechos, se pasarán á la EC las líneas ED, EF, y se formarán los quadrantes de la elipse BD, BF y BDC en el diámetro AL será el ángulo que hace la curva BD con la junta DC de la frente; y el BFC será el que hace la curva BF con la junta FC, y KCL es el de la horizontal CL; con lo qual se cortarán fácilmente las plantillas, como se verá mas claramente en la proposicion siguiente.

Con solas las plantillas sobredichas se pueden trabajar todas las piedras como saben los Canteros; porque trabajando un lecho con su propia plantilla, y sacando á esquadra la superficie plana del paramento, se trabajará este con su propia plantilla; y asimismo, sacando á esquadra con el paramento el otro lecho, y ajustándole su pro-


Estampa 14. Tom. 5.
fol. 198.
52.
53.
54.
55.
56.
H.Ricarte fecit

propia plantilla, se podrá acabar de labrar toda su concavidad, exâminándola con su regla cercha: con que quedará perfectamente labrada la piedra.

Dixe al principio, que las juntas de la frente tengan sus tiranteces hácia el centro E, y no se dirijan á diferentes puntos de la elipse, como en otras ocasiones; lo qual se hace para que los lechos sean una superficie plana, que por una parte ajuste con la BK, y por la otra con la junta de la frente: lo que seria imposible, si la junta no se encaminase al centro E, y todo el plano del lecho no tuviese su tirantez hácia la recta EBK, como es evidente.

Si el plano ó planta horizontal de esta bóveda formase el ángulo XEZ, como en la proposicion antecedente, se delinearian como allí los vestigios horizontales de las juntas, que serian tambien los quadrantes elípticos BG y BH, &c. como se hizo en el lugar citado: y tirando las paralelas MN, ST, se cortarian de los lados de las plantillas de los lechos las porciones competentes para que ajustasen con la planta; esto es, del lado elíptico BD perteneciente á la parte cóncava, se cortaria la BO; y del lado BF, la BP; y del lado BC, la BQ. Y asimismo en los pertenecientes á la parte convexâ, segun se hizo en la proposicion pasada.

PROP. X. Problema.

Formar un nicho, cuya frente sea un arco de pies desiguales. (*fig.* 58.)

Sea la semielipse AGC la planta de un nicho, cuya frente sea el arco AHC de pies desiguales: pídese su formacion.

Operacion. Divídase el arco ó frente AHC en sus piedras, cuyas tiranteces vayan al punto F, por la razon dicha en la proposicion antecedente. Sus plantillas se cortarán como se sigue.

Las de los paramentos están ya trazadas en el arco AHC. Para las de los lechos se pasará la línea FE desde

de el punto F al semidiámetro FC, alargado si fuere menester, y se hará el quadrante elíptico BE, con los dos semidiámetros FB, FE: luego se pasará allí mismo la FH, y se formará el quadrante elíptico GH, con los semidiámetros FG, FH, y el curvilíneo elíptico BEHG será la plantilla para el lecho de la junta EH. Asimismo se formarán las demas, trasladando á la FH las otras distancias del centro F, y las juntas del arco AHC. Con estas plantillas que se han trazado, se trabajarán las piedras, como se explicó en la proposicion pasada.



LIBRO IV.

DE LAS BÓVEDAS PRINCIPALES.

HAsta aquí hemos tratado de diferentes géneros de arcos y bóvedas, que suelen regularmente servir para puertas y tránsitos á lo mas interior de los edificios: ahora hemos de explicar la formacion y fábrica de las que cubren y cierran por arriba con maravillosa firmeza y hermosura sus principales y mas nobles piezas; y por servir para este efecto, las damos el nombre de *Bóvedas principales*. Compónese la mayor parte de ellas de los encuentros de diferentes cañones seguidos de las que hemos explicado: de cuyo concurso se origina la mayor belleza y primor de sus cortes, y la gran variedad de sus especies. Bastará tratar de las mas principales, porque de su práctica y construccion se colegirá fácilmente la de todas.

PROP.

PROP. I. Problema.

Delineacion y fábrica de la vuelta por arista quadrilátera. (fig. 59.)

Bóveda ó vuelta por arista quadrilátera, es la que resulta del concurso de dos cañones cilíndricos de bóveda de igual altura, que se cruzan cortándose mútuamente: de que nace formarse de ellos sobre un quadrilátero la bóveda sobredicha, llamada *por arista*, por nacer de dicho corte unos ángulos salientes, que llaman *aristas*, que en forma de arcos la cruzan diagonalmente por los ángulos opuestos. Si los exes de estos dos cañones que se encuentran se cruzaren perpendicularmente, será dicha bóveda *recta*; pero si se cortaren obliqüamente, será *obliqüa*. Tambien si entrambos cañones tuvieren igual diámetro, y se cortaren perpendicularmente, será la bóveda *quadrada*; y si obliqüamente, será *rombo*. Si los diámetros fueren desiguales, será quadrilonga, cortándose rectamente sus exes; y *romboyde*, si se cortaren obliqüamente. A mas de esto, si dichos cañones fueren de medio punto, será la bóveda semicircular; si rebaxados ú de punto subido, será de estas especies.

Tambien se puede formar la vuelta por arista sobre un triángulo pentágono, ú otro rectilíneo, como se verá despues. El claro de los arcos que forman los lados de estas vueltas, suelen freqüentemente estar cerrados con paredes, cuyos planos se llaman *formeros*. Esto supuesto,

Sea el quadro ABCD la planta de la bóveda por la parte interior; y lo contenido entre este quadrado y el exterior NFHG será la crasicie de las paredes. Tírense las diagonales, y descríbase sobre la NF del centro L el semicírculo NIF, y del mismo centro sobre la TV, que es igual á AB, hágase el semicírculo TZV: divídase este arco en sus piedras, y tírense de sus divisiones los perpendículos ordinarios, prolongándoles hasta la diagonal NH: bastará lleguen los de la una parte hasta NK, y los

los otros hasta la KF : de los puntos en que la NK es cortada por los perpendículos, levántense otros que sean iguales á sus correspondientes en el arco TIV ; esto es, la K& igual á LI, la AN igual á TX, PQ igual á OZ, &c. y tirando las curvas por las extremidades, quedará descrito otro arco sobre la diagonal NH de igual altura con el primero. En la figura solo se ha delineado su mitad, por ser eso bastante para las operaciones. Sobre la diagonal FG imagínese otro arco semejante al sobredicho, y sobre cada uno de los lados, otro arco igual y semejante al TIV ; y considerándoles á todos levantados verticalmente sobre el plano del quadrado, se hará mayor concepto de la bóveda, cuyos cortes se terminan en los seis arcos sobredichos, como lo indican las paralelas á los lados, que se vén en la figura, las quales son los vestigios horizontales de las juntas de las piedras. Con esto se cortarán las plantillas, como se sigue.

1 Las de las frentes de los arcos, que están á los lados, se hallan ya formadas en el TIV, las quales sirven para todos los quatro por ser iguales. Pero se ha de advertir lo primero, que estos arcos tienen á veces descubiertas entrambas frentes, á veces solamente una, y á veces ninguna. Quando se quiere que las frentes interiores queden patentes, la dovela interior del arco diagonal ha de tener por diámetro la NH ; y para formarla nos valdrémos de los perpendículos del arco NIF; y para la delineacion de la dovela exterior, se describirá del centro L, sobre la NF prolongada, otro semicírculo, y por sus perpendículos se obrará del modo ordinario. Advierto lo segundo, que por lo regular no pueden llegar las piedras desde el arco hecho sobre la AB, al hecho sobre la AD, y en este caso muchas de ellas tendrán otra frente en la diagonal NH ; las quales frentes se hallan en el arco A& de la misma diagonal, que aunque no se haya de ver, pero se ha de labrar para que una con la frente de la otra piedra su correspondiente.

2 Las plantillas para los lechos se harán como se sigue. La del primer lecho, que es horizontal, es el quadrado mis-

mismo YT : y así en las otras esquinas. Para trazar la del segundo lecho XZ, se tirará aparte en el *num.* 2. la recta XZ igual á la otra del *num.* 1. de quien se sacará la perpendicular ZP igual á la OP del *num.* 1. y asimismo se hará la perpendicular XA igual á la TA del *num.* 1. Tírese la AP, la qual será mayor que la AP del *num.* 1. por ser la línea inclinada de la junta: sobre la AP *num.* 2. hágase el triángulo ASP, tomando el lado AS igual á XZ; y el lado SP igual á la SP del *num.* 1. que es el exceso del perpendículo RP, al perpendículo YA; y alargando la PS *num.* 2. hasta R, de suerte, que PR sea igual á la PR del *num.* 1. y haciendo la AY su paralela igual á la otra AY del *num.* 1. se tirará YR, y quedará hecha la plantilla.

La del tercer lecho 2 1 se cortará de la misma suerte. Tírese aparte *num.* 3. la línea 2 1 igual á la del *num.* 1. y sus perpendiculares sean 1 4 igual á la 3 4 del *num.* 1. y la 2 6 á la 5 6, y tírese la 6 4 sobre la qual se hará el triángulo 6, 4, 9, cuyo lado 6 9 sea igual á la 2 1, y el lado 4 9 igual á la 4 9 del *num.* 1. exceso del perpendículo 8 4: al perpendículo 7 6 continúese la 4 9 de suerte, que 4 8 sea igual á 4 8 del *num.* 1. y la 6 7 á la 6 7, y quedará hecha la plantilla, y así de las demas.

Las plantillas para las concavidades se harán tambien del mismo modo. Tírese aparte en el *num.* 4. la recta TZ igual á la subtensa TZ; y las perpendiculares TA igual á la TA del *num.* 1. y ZP igual á la OP: tírese la AP, y si se hubiere obrado bien será igual á la subtensa AQ del *num.* 1. hágase sobre la AP el triángulo ASP, cuyo lado AS sea igual á la TZ; y el PS igual á la PS del *num.* 1. y haciendo la PR igual á la otra PR, y la AY igual á la AY y paralela á PR, se concluirá la plantilla; y así en las otras respectivamente.

Adviértase, que en las plantillas de los lechos, como por exemplo en la del *num.* 3. los planos que las componen, como 2, 4 y 7, 4, no hacen un mismo plano, sí que forman ángulo doblándose por la línea 6 4, y lo mismo digo en las plantillas de las concavidades; y así se podrán di-

dividir en dos planos, cortándolas por la comun seccion 6 4. Si se deseare saber el ángulo que forman los dos planos sobredichos, se continuará la 4 6, y se le tirará una perpendicular 14, 13 como se quisiere: luego se hará aparte en el *num.* 5. el triángulo 2, 6, 7, tomando del *num.* 1. la 2 7 igual á la diagonal 6N ó 7 5, y formando sobre ella el triángulo sobredicho con los lados 7, 6, 2, 6 iguales á los del *num.* 3. En los lados 6, 2 y 6, 7 córtense las 6, 13, 6, 14 iguales tambien á las del *num.* 3. y tirando la recta 13, 14, se formará sobre ella el otro triángulo 13, 15, 14, con los lados 13, 15 y 14, 15 iguales á las rectas sus correspondientes en el *num.* 3. y el ángulo 13, 15, 14 será el que forman los dos planos del lecho sobredicho.

De la misma manera se sacará el ángulo de inclinacion, que forman los planos TP, YP *num.* 4. que componen la plantilla de la concavidad, observando el mismo órden de las operaciones sobredichas en las ZP, PR, ó en las TA, AY, y tomando para la formacion del triángulo la diagonal PN.

El modo de trabajar las piedras es el siguiente. En la primera piedra se trabajará primeramente el lecho que asienta sobre el quadrado YT, dándole su misma figura segun su plantilla: luego se sacarán y allanarán á esquadra las dos superficies que se levantan sobre los lados NT, NY; y hecho esto, se les aplicarán las plantillas propias de sus paramentos, que en este exemplo es para entrambos la NZ, y se irá dando aquella curvatura á las piedras, y con la esquadra se irá labrando la parte cóncava de entrambas, en cuyo concurso se vendrá á formar el arco ó arista AQ. Y cortando en materia firme la regla cercha ó bayvel del *num.* 6. ajustado al ángulo mixtilíneo NAQ del *num.* 1. se perficionará con ella la arista, y juntamente el ángulo del lecho con su curvatura.

La segunda piedra se labrará aplicando á su paramento la plantilla Z2, y siguiendo su curvatura, se cortará á esquadra la piedra, y con esto se le dará su superficie cóncava, á quien se aplicará la mitad de la plantilla del *num.* 4.

que

que aunque plana, sirve para determinar los lados y el concurso de las dos concavidades en quien se forma la arista: despues se tomará de su planta con la saltarela el ángulo que forman estas dos concavidades en la arista, y se executará en la piedra; y trabajada llanamente en superficie plana esta otra superficie, se sacará á esquadra con ella la del paramento correspondiente sobre la R8, y aplicando á esta la plantilla misma Z2, se trabajará con ella el paramento y la concavidad, como se hizo en la otra mitad de la piedra. No me detengo mas en esto por tenerlo bien sabido los Artífices.

Quando una sola piedra no puede llegar desde los arcos ó formeros de los lados hasta las aristas diagonales, como es freqüente en estas bóvedas, se compondrán de diferentes piedras; y en este caso se procurará en quanto sea posible vayan todas sus tiranteces al centro K de la bóveda.

COROLARIOS.

1 *De aquí se colige el modo de trazar esta bóveda sobre un quadrilongo: como si el lado NG fuere mas corto que NF; porque en este caso se describiria por tranquiles ó plomos del perfil TIV, sobre el dicho lado un arco de igual altura con LI, que seria levantado de punto; ó si se describiese el arco de medio punto sobre el lado mas corto NG, se describiria sobre NF por tranquiles un arco de igual altura con la del de medio punto; y por consiguiente seria rebaxado. En lo demas se guardará el mismo órden de operaciones, atendiendo en ellas á las frentes de entrambos arcos, que en este caso son diferentes: por evitar prolixidad, no lo explico con exemplo particular.*

2 *Tambien se colige el modo de trazar esta bóveda por arista ó planta quadrada ó quadrilonga, de especie rebaxada ó levantada de punto; pues solo es menester delinear sobre sus lados los arcos de dichas especies, si fuere quadrada; ó si quadrilonga sobre uno de sus lados, sacando los demas, así los de los lados, como los diagonales por tranquiles ó plomos del perfil; y en lo demas se seguirán las mismas reglas como queda dicho.*

Asi-

3 *Asimismo se infiere de lo dicho el modo de formar una media bóveda por arista, compuesta de dos arcos ó formeros que concurren á formar un arco tercero : como si sobre el triángulo NFH, num. 1. que es la mitad de la planta antecedente, se hubiere de formar la bóveda por arista, de suerte que los dos arcos de medio punto hechos sobre los lados NF, FH vengan á concurrir en un otro hecho sobre la diagonal NH, se harian las mismas operaciones, describiendo por tranquiles el arco N& sobre la NH: y en este caso la plantilla del primer lecho, que es el de la junta horizontal NT, será el triángulo NTA; y el de la otra junta horizontal VF será el quadrado BF: el modo de cortar las plantillas, así para los lechos como para las concavidades, es el mismo que arriba dixe. Tiene esta bóveda una sola arista sobre la media diagonal KB.*

PROP. II. Problema.

Trazar una vuelta por arista sobre un triángulo equilátero. (*fig.* 60.)

Así como la bóveda descrita en la proposicion pasada nace del corte de dos cañones cilíndricos que se cruzan, ú del concurso de quatro arcos hechos sobre los quatro lados del quadrado; así esta nace del concurso de tres arcos iguales, fabricados sobre los tres lados de un triángulo equilátero. Sea pues el triángulo ABC planta de la bóveda por arista: pídese su formacion.

Operacion. Divídanse por medio los lados, y de cada division tírense una línea recta al ángulo opuesto, y todas se vendrán á cortar en el punto D que es el centro, como consta del *lib.* 4. de Euclid. Descríbase sobre uno de sus lados un arco con la dovela interior y exterior, dividido en sus piedras como se acostumbra: de sus divisiones tírense los perpendículos á la línea AB, prolongándoles hasta las AD, DB; y de las intersecciones de estas tírense líneas perpendiculares á los otros lados AC y BC; y pasando las divisiones de la una mitad de dichas líneas á la otra mitad, quedarán divididas en la misma for-

forma que la AB, y hecha la icnografía ó planta de toda la bóveda. De aquí se formarán las plantillas como se sigue.

1 Las de las frentes de los tres arcos son las que se vén ya delineadas en el arco que se ha descrito sobre la AB.

2 Las de los lechos primeros, como el de la junta HB, es el trapezio BHIK; y esta sirve para todos los tres, por ser del todo iguales.

La del lecho MN se hará tirando aparte en el *num.* 2. la PN igual á la junta MN: y tirando la perpendicular NR igual á la EF; y la PQ igual á la OO, tirando QR, será el trapezio PR la plantilla del lecho NM, que llegará hasta en correspondencia de la DB; y formando otro semejante QS, se tendrá la plantilla entera, que llegará hasta la frente exterior del arco sobre BC. De la misma suerte se formarán las de los otros lechos, tomando las perpendiculares que les corresponden.

3 La plantilla para la concavidad MH, se trazará tirando aparte en el *num.* 3. la recta XY igual á la subtensa MH: y la perpendicular Y2 igual á EF: y la XZ igual á la HI: y el trapezio X2 será la plantilla de la concavidad hasta la arista DB: y para que llegue hasta el arco del lado BC, se hará sobre la Z2 otro trapezio semejante al sobredicho. Y lo mismo en las demas plantillas; pero la de la concavidad TV es el rectilíneo GL3D4 de la figura principal.

Si en medio se quisiere formar una clave, se formará el triángulo 3, 4, 5, y este será la plantilla de la parte cóncava; y sobre cada lado se hará una plantilla igual á la del paramento RV, y segun ella se trabajarán los paramentos de la clave; y para su convexîdad exterior servirá de plantilla el triángulo 6, 8, 7, y en este caso la plantilla de la concavidad VT será el rectángulo G3. En lo demas que se puede ofrecer en esta bóveda, se guardarán las mismas reglas de la primera.

PROP.

PROP. III. Problema.

Trazar la vuelta por arista sobre un polígono regular. (*fig.* 61.)

Sea por exemplo el polígono, que ha de ser planta de una bóveda por arista, el pentágono regular. Esta se compone de cinco arcos iguales, que levantados sobre sus cinco lados, se continúan hasta encontrarse, y formar con sus cortes las cinco aristas, cuyas plantas horizontales son los radios AB, AC, &c. Fórmase esta bóveda como la antecedente. Descríbase sobre uno de sus lados el arco BGC con sus dovelas, divisiones y perpendículos continuados hasta los radiós AB, AC: pásense las divisiones de la AC á los otros radios; y tirando de ellas perpendiculares á los lados, quedará concluida la icnografía de la bóveda, y se trazarán las plantillas como en la antecedente. Convendrá sea la clave de una sola piedra, cuya superficie inferior será el pentágono IO, y la superior el pentágono LM. De la misma suerte se obrará en los demas polígonos regulares.

PROP. IV. Problema.

Trazar una bóveda por arista obliqüa. (*fig.* 62.)

Pídese, que sobre el plano horizontal ABCD, que es un paralelógramo obliqüangulo, como por exemplo, rombo, se describa una bóveda por arista.

Operacion. Sobre el lado AB descríbase el arco de medio punto con sus dovelas, divisiones y perpendículos acostumbrados: de los puntos en que estos dividen el lado AB, tírense paralelas á los lados AD, BC, que lléguen hasta las diagonales OA, OB: y de los puntos en que las cortaren, tírense tambien paralelas á los lados AB, DC: últimamente se harán por tranquiles los arcos sobre las diagonales y sobre los otros lados, como se acostumbra; pero en este caso, por ser los lados iguales, bas-

bastará hacer un medio arco sobre la media diagonal OA. De aquí se sacarán las plantillas.

1 Las de los paramentos de los arcos de los lados están ya trazadas en el arco ANB, que sirven para todos, por ser en este exemplo iguales.

2 Las plantillas de los lechos se harán así. La del lecho primero, que es horizontal, será el paralelógramo AR, que sirve para todos los quatro ángulos en este caso. Para formar la plantilla del segundo lecho SF, y juntamente para hacer cabal concepto de esta operacion, y de las semejantes en las proposiciones pasadas, se levantará la AE perpendicular á AB, y la AK perpendicular á la OA; y continuando las juntas FS, IV, quedará determinada la altura de dichas perpendiculares, las quales serán no solo iguales en la obra, pero una misma línea, de suerte, que el punto K será el mismo punto E: porque si el quadrante del arco diagonal, juntamente con las AK, IK se levantá perpendicularmente sobre el plano y diagonal AO, la recta AK será perpendicular á dicho plano; y como tambien lo sea la AE, será (13. 11. Eucl.) la AE y AK una misma línea; y el punto K será el mismo punto E, como se infiere de la misma formacion de los arcos por tranquiles. Colígese de aquí, que en la obra se halla ó imagina un triángulo, cuya cúspide está en el punto E ó K, que se ha de imaginar allí mismo, y sus lados son EF, KI, y su basa una línea igual á la GH, que le corresponde en el ayre. Descríbase pues aparte en el *num.* 2. el triángulo EGH, con las líneas EG igual á EF; EH igual á KI; y GH igual á la otra GH: y cortando la ES igual á la ES del *num.* 1. y la EV igual á la KV, será el trapezio SH la mitad de la plantilla; la otra mitad se hará formándola semejantemente sobre la VH; y será toda entera SL. El ángulo que forman en la arista estos dos planos SH, VL, se hallará como en la *propos.* 1; porque los puntos G y L distan entre sí, lo que es la diagonal GL del *num.* 1. De esta misma suerte se harán las plantillas para los otros lechos.

3 Las de las concavidades se harán así. Tírese en el *num.* 3. la ZF igual á la del *num.* 1. y formando el án-

gulo F igual al ángulo AGH, *num.* 1. se hará la FH igual á la GH: tírese la ZR igual á su correspondiente en dicho *num.* 1. y paralela á la FH, y el trapezio ZH será la plantilla de la concavidad ZF hasta la diagonal; y haciendo otro trapezio RI semejante, será toda la plantilla el rectilíneo ZI; y así se harán respectivamente las demas. La concavidad de la clave tiene por plantilla el rectilíneo T4O43 formado en el plano horizontal, *num.* 1. En todo lo demas se obrará como en la *proposicion* 1.

PROP. V. Problema.

Describir la bóveda de algive ó esquifada. (*fig.* 63.)

Para inteligencia de lo que hemos de decir, conviene que en primer lugar se haga concepto, y se forme idea de esta bóveda. Imagínese pues, que de sobre el lado AC del quadrado AD se levanta un cañon cilíndrico de bóveda, que dando su vuelta, viene á asentar sobre el lado BD: y asimismo, que de sobre el lado CD se levante semejante vuelta, que venga á asentar sobre el lado AB: estas dos vueltas cilíndricas vendrán á cortarse sobre las diagonales AD, CB, cuyos cortes formarán allí con ángulos entrantes dos arcos diagonales, que ordinariamente serán rebaxados. De aquí se coligen tres notables diferencias entre esta vuelta y la de arista. La primera, que en la de arista los arcos que se forman en virtud de sus cortes sobre las diagonales, son salientes, y por eso se llaman aristas; pero en la de algive son entrantes. La segunda, que la vuelta por arista tiene su movimiento de solos los ángulos; pero la de algive mueve de plano de sobre sus lados. La tercera, que la de arista tiene arcos ó formeros sobre sus lados; pero la de algive carece de ellos.

Pídese pues, que sobre el quadrado AD se forme una bóveda de algive. *Operacion.* Tírense las diagonales, que se cruzarán en el punto E: determínese tambien lo grueso de las paredes con las paralelas NR, RQ, AB, BD, &c. Divídanse por medio los lados, y tírense las EO, EH, &c.

so-

sobre una de ellas como por exemplo, sobre la EH; descríbase el quadrante de arco HOFI, que aunque allí no le haya de haber, pero servirá de fundamento para las delineaciones que se han de hacer: divídase en sus piedras, y tírense los perpendículos ordinarios, prolongándoles hasta la diagonal EQ. Sobre esta, por tranquiles ó plomos del perfil FH, se formará otro arco de igual altura, cuyo quadrante es QP; y segun este, si fuere menester, se formarán los cerchones ó cimbrias para dirigir los arcos diagonales que resultan del encuentro de las vueltas; las paralelas ID, LM, y las demas serán los vestigios horizontales de las juntas, que basta tener expresadas en el triángulo EHQ, por ser iguales en todos los demas. Con esto se pueden cortar fácilmente las plantillas.

Para el primer lecho que es horizontal, servirá de plantilla el gnomon TQI; las de los otros lechos, como por exemplo de GK, se trazarán de esta manera. Tírese aparte la línea XZ igual á la GK: tírese la perpendicular ZD igual á la ID; y la XM igual á la LM que son sus correspondientes; y el trapezio XD será la plantilla del lecho hasta la diagonal que es su mitad; la otra mitad es del todo igual á esta: de la misma manera se formará la plantilla de la concavidad de esta piedra, solo con hacer la XZ igual á la subtensa GI del arco principal. De esta misma suerte se trazarán las plantillas de los demas lechos y concavidades.

Adviértase lo primero, que así las plantillas de los lechos, como de las concavidades, si se toman enteras de suerte, que no estén partidas en dos partes por la diagonal EQ, constarán de dos planos que forman ángulo, como las de la vuelta por arista; solo que en la de arista el ángulo es saliente, y en esta es entrante; y si fuere menester, se hallará con la misma regla que se dió en la *prop.* 1. Adviértase lo segundo, que las piedras que estuvieren partidas, ó se terminaren en el arco diagonal de la bóveda, tendrán por plantillas de sus paramentos por aquella parte, las que se vén delineadas en el arco diagonal DP. Las de los paramentos de las otras partes, serán las del arco fundamental IO, por cortarse las piedras siem-

O 2 pre

pre con planos perpendiculares á los lados, la qual seccion forma en la piedra una porcion del arco sobredicho IO.

COROLARIOS.

1 *De aquí se colige fácilmente el modo de trazar este género de bóveda sobre qualquiera polígono regular, pues lo mismo es para el caso que sean los lados quatro ó cinco, &c.*

2 *Tambien se infiere el modo de trazarla sobre qualquiera planta ó rectilíneo de lados desiguales; pues no hay mas que añadir, que despues de hecho el arco fundamental sobre qualquiera de sus diámetros, como en la que hemos trazado, sacar por tranquiles ó plomos los de los otros lados desiguales y diagonales, para que tengan todos igual altura.*

3 *Tambien se puede formar esta bóveda de punto subido ú rebaxado, solo con hacer el arco fundamental de qualquiera de estos géneros.*

PROP. VI. Problema.

Describir una media naranja ó bóveda emisférica, cuya clave sea el único polo de sus piedras. (fig. 64.)

La bóveda emisférica, que comunmente llamamos *media naranja*, es un emisférico cóncavo, que resulta de la seccion ó corte de una esfera cóncava, hecho con un plano horizontal que pase por su centro. Puédese fabricar de muchas maneras, por poder ser diferentes los cortes y disposicion de sus piedras. La que aquí describimos tiene su polo en medio de la clave, y todas sus piedras van ordenadas en forma de círculos concéntricos y paralelos al horizonte, formando unas como argollas ó coronas, que necesariamente van haciéndose menores, quanto mas se acercan á la clave ó polo. Su delineacion es la siguiente.

Hágase el semicírculo BCM, que representa el medio plano horizontal sobre quien se erige la media naranja: divídase en sus dos quadrantes, y supuesto son estos iguales, bas-

bastará delinear la icnografía de la bóveda en uno de ellos. Imagínese pues el quadrante FCM horizontal: prolónguese el radio FC, y sea CE la crasicie de la bóveda; y haciendo el quadrante ED, será MDEC la icnografía de dicha crasicie. Sobre el radio FE descríbase un quadrante de arco, que se dividirá en sus piedras, el qual se ha de imaginar levantado perpendicularmente sobre el plano horizontal: tírense sus perpendículos, como se acostumbra, y de las divisiones que estos hicieren en el radio FE tírense quadrantes de círculo desde el mismo centro F. Ultimamente, alárguense las subtensas de las divisiones del arco BC hasta que corten al radio FB prolongado, y con esto se tendrá quanto se necesita para cortar las plantillas.

Pero ántes de trazarlas es menester advertir: 1. Que las de los paramentos están ya delineadas en el arco CBE: y así la GHKI es la plantilla para los paramentos de todas las piedras de aquel círculo ó anillo. 2. Las de los lechos se terminan por la parte cóncava y convexâ con líneas curvas ó porciones circulares descritas del centro F, con los radios FC y FE: los otros lados son líneas rectas que se encaminan al centro F, como por sí es bien claro. 3. Las de las concavidades se terminan con líneas curvas, de las quales la superior é inferior son paralelas al horizonte; y las laterales son unos arcos iguales del quadrante BC, como es tambien por sí manifiesto. Ultimamente advierto, que los lechos de las piedras, exceptuando el primero que asienta horizontalmente, no son superficies planas, sí curvas, lo qual proviene de encaminarse todas ellas al centro F, con que vienen á formar una superficie cóncava de pirámide cónica, y las de los sobrelechos convexâ.

Esto supuesto, pídense por exemplo las plantillas de una piedra, que se halla en el anillo ó corona que proviene de HGIK. Y supongamos sea allí su mayor crasicie LV; tírese la recta FVN. Es constante, que si sobre la FE se considera levantado perpendicularmente el arco BE; y sobre FN otro igual y semejante, que dicha piedra quedará terminada por ambos lados con

unos

unos planos iguales al HGIK ; y por consiguiente serán estos las plantillas para sus dos paramentos como ántes dixe : y en seguida de esto se trazarán las de los lechos en esta forma. Descríbase aparte en el *num.* 2. con la distancia ZL igual á FE un arco de círculo : y del mismo centro Z , con la distancia ZX igual á FC, otro arco de círculo : y cortando la LV igual á la otra LV del *num.* 1. y la XO á la otra XO , se tirará la VO, que tambien irá al centro Z, como se puede demonstrar ; y XOVL será la plantilla para el lecho inferior correspondiente á la junta IK del *num.* 1. que es el mayor : para hacer la plantilla del menor, que es el correspondiente á la junta HG , se cortará el arco LQ igual á PQ ; y tirando la línea ZQ, el trapezio XNQL será la plantilla : y así se harán las de los lechos de las demas piedras.

La plantilla para la concavidad GI de la misma piedra, se hará en esta forma. En el *num.* 3. del centro Y, con la distancia YZ igual á I5 , se hará un arco, y otro del mismo centro con la distancia G5 ; córtese el arco Z2 igual al arco XO del *num.* 1. y el arco 3 4 igual al arco ST , y el trapezio 4 3 Z2 será la plantilla de la concavidad GI : para la concavidad I6 se tomarán las rectas 6 7 y I7 , y así de las demas.

Esta bóveda , por componerse de piedras ordenadas en forma de anillos paralelos , consiste segura y sin riesgo , aunque le falte la clave : tiene gran robustez , y no causa empujo ; y por consiguiente no necesita de estribos por mantenerse con sus mismas tiranteces.

PROP. VII. Problema.

Describir una bóveda esferoyde sobre la planta circular.

Así como la bóveda delineada en la proposicion antecedente es la mitad de una esfera , así esta de que hablamos es la mitad de una esferoyde. *Esferoyde* , como dixe en el *lib.* 11 de la *Geom. Pract. prop.* 26, *es un sólido que resulta de la revolucion de una elipse hecha al rededor*

dor de su exe; y porque la elipse tiene dos exes, uno mayor y otro menor, hay tambien dos especies de esferoyde, una *longa* y otra *lata*. *La esferoyde longa, es la que nace de la circunvolucion de una elipse al rededor de su exe mayor*; de suerte, que el exe mayor es vertical, y el menor horizontal. *La esferoyde lata, es la que se engendra de la circunvolucion de la elipse al rededor de su exe menor*: con que tiene su exe menor vertical, y el mayor horizontal.

De aquí se sigue, que la bóveda esferoyde puede tambien ser en dos maneras, es á saber, *longa* y *lata*. *La longa, es la mitad de la esferoyde longa*; y la otra *es la mitad de la lata*. Entrambas tienen por basa un círculo, y en quanto á esto convienen con la esférica; pero se diferencian de ella, en que la esférica tiene su altura igual al semidiámetro de su basa, pero no la esferoyde: porque si es longa su altura, es mayor que dicho semidiámetro; y menor, si es lata. Diferénciase tambien de la esférica, en que en esta las secciones hechas con planos, que pasen por su exe vertical, son semicírculos; y en la esforoyde son semielipses.

De aquí se colige el modo de su formacion, que es el mismo que el de la emisférica, exceptuando solamente, que el arco vertical, que se forma para tomarle como fundamental, ha de ser elíptico: es á saber, rebaxado si es la eferoyde lata; ú de punto levantado si es longa; el qual se describirá en la forma explicada, *lib.* 2 *prop.* 3 *y* 4. En lo demas se observan las mismas reglas, y así no me detengo mas en ello.

PROP. VIII. Problema.

Describir una media naranja; regida por dos polos puestos en el plano horizontal de su basa. (*fig.* 65.)

La bóveda emisférica, que se describió en la *prop.* 6 se regia por un polo solamente, puesto en su clave: esta se ha de regir por dos polos puestos en el círculo horizontal, que le sirve de basa. Formaráse su idea considerando-

derando el círculo ABCM, como un plano horizontal, sobre quien se ha de levantar la media naranja; y que los puntos A y C han de servir de polos, de quienes se describan unos arcos por las divisiones del círculo ABCM, que estén levantados perpendicularmente sobre el plano de dicho círculo: á la manera que en la esfera terrestre se describen de sus polos los círculos paralelos á la equinoccial: su formacion es la siguiente.

Hecho el círculo ABCM, y determinada la crasicie de la bóveda con el otro círculo exterior, se tirarán los diámetros AC, BM en ángulos rectos: divídase el círculo BAMC en partes iguales, de suerte, que las de cada semicírculo sean nones, para que en los polos A y C no haya juntas: tírense las cuerdas XZ, KN, &c. y las líneas XR, KL, &c. serán las juntas de las piedras, y por consiguiente los lechos de ellas serán verticales. Ultimamente tírense las subtensas RQ, LR, &c. continuándolas hasta que corten al diámetro CA prolongado, y con esto se cortarán las plantillas como se sigue.

1 Las de las concavidades se formarán de esta suerte: Del punto O, con las distancias OQ, OR, háganse unos arcos de círculo, de suerte, que el RS sea igual al quadrante R4 hecho con el radio 5R, y Q6 al quadrante Q5, y tirando la recta S6, el trapezio SRQ6 será la plantilla para la concavidad de todas las que entraren en aquel arco ó anillo comprehendido entre las dos cuerdas QY, RT: asimismo del punto D, con las distancias DR, DL, se describirán los arcos iguales á los quadrantes hechos de las cuerdas sus correspondientes, y se formará el trapezio E, que será la plantilla para las concavidades de las piedras del arco comprehendido entre las cuerdas RT, LV, y así de las demas; las quales se dividirán en tantas partes, como hubiere piedras en aquel quadrante. La del polo A será el curvilíneo, que allí se vé descrito con la distancia AQ, y las de la una mitad de la bóveda sirven para la otra, y todas se han de cortar en materia flexîble, para que se puedan ajustar á lo cóncavo de las piedras.

2 Las de los lechos, que como dixe, son planos perpen-

pendiculares al horizonte, se harán fácilmente, si sobre cada una de las cuerdas paralelas, como por exemplo, la FP, con las distancias 2 3 y 2F, se describe un quadrante de arco, como FH, el qual se dividirá en tantas piedras, quantas hubieren de entrar en dicho arco, encaminando sus juntas al centro 2, de donde se hizo su descripcion; y estas serán las plantillas para los lechos del arco sobre FP; y así de los demas.

3 Las plantillas para las otras superficies, que son como paramentos, se hallan en la corona AB, de suerte, que BK será la plantilla para todos los paramentos de la zona KBMN; y así las otras, para las zonas sus correspondientes.

Las piedras se labrarán fácilmente trabajando primero la superficie cóncava con un cerchon ajustado á la concavidad del círculo ABC, cavando la piedra hasta que por todas partes se le ajuste dicho cerchon: luego se le ajustará á esta misma superficie la plantilla de su concavidad, como por exemplo, la plantilla E; y dándole á dicha superficie cóncava la figura E, se tomará una regla cercha, ajustada al ángulo mixtilíneo ALK, y con esta se allanará la otra superficie plana, á quien se ajustará despues la plantilla de su propio lecho, y se concluirá esta superficie, y asimismo los paramentos, con que quedará perfecta la piedra: advirtiendo, que todas las de una zona juntas han de formar perfectamente un semicírculo, cuyo diámetro es la cuerda su correspondiente.

COROLARIO.

Así como la bóveda sobredicha va regida de dos puntos ó polos, así se pueden formar otras semejantes, regidas de tres, quatro ó mas puntos; pero por ser esto poco estilado, é inferirse bastantemente su delineacion, de la que se acaba de decir, no añado su especial explicacion: puédela ver el curioso en el P. Dechales lib. 4 prop. 13. El modo de formar las pechinas sobre que asientan las medias naranjas, se explicará mas adelante.

PROP.

PROP. IX. Problema.

Describir una vuelta por igual ó vaida sobre planta quadrada, gobernada por quatro polos. (*fig.* 66.)

Este género de bóveda es un emisferio, pero cortado con quatro planos verticales, cada dos de ellos paralelos entre sí. Para formar su idea imagínese un círculo horizontal, y sobre él una media naranja ó emisferio: inscríbase ó imagínese inscrito en dicho círculo horizontal un quadrado, y que de sus quatro lados suban perpendicularmente quatro planos, los quales cortarán el emisferio, y estos cortes serán quatro semicírculos menores; como consta de los Esféricos de Teodosio *lib.* 1 *propos.* 2, y la superficie esférica que quedare: hechos estos cortes, será la vuelta vaida ó por igual, que en este caso tendrá por planta un quadrado; y se edificará sobre dichos quatro semicírculos ó formeros. Suele executarse esta bóveda en capillas, y es fuerte y hermosa: su formacion puede regirse, ó por quatro polos puestos en sus quatro ángulos, ó por uno solo colocado en la clave. Explico el primero en esta proposicion, y es como se sigue.

Sea el plano horizontal, sobre quien se ha de fabricar esta bóveda, el quadrado ABCD. Tírense sus diagonales, y circunscríbasele el círculo, que tambien es horizontal, y porque la bóveda como he dicho, es emisférica, su montea será el semicírculo ABC, ú otro su igual imaginado perpendicularmente levantado sobre el diámetro AC. Descríbase sobre uno de sus lados AB el semicírculo AEB, que será uno de sus quatro formeros; los demas no es menester se describan. Divídase su quadrante EB en partes iguales, que sean pares, y tírense los perpendículos á su semidiámetro KB; y de estas divisiones tírense perpendiculares á la BD, continuándolas hasta el arco BC: divídase el arco residuo GC en partes iguales arbitrarias, dexando una pequeña para la clave. Las subtensas de los arcos en que está dividido el quadrante CB, continúense hasta

que

H. Ricarte sculp.

que corten el diámetro DB prolongado. De esta descripcion se sacarán las siguientes.

Los quatro polos de que se rige esta bóveda, son los puntos A, B, C, D: con que si del punto B, por exemplo, se consideran descritos unos semicírculos paralelos sobre los radios 1M, 2N y los demas, será forzoso que los que hay desde B hasta los puntos K y L, queden cortados de los formeros verticales, que suben de sobre las líneas BA, BC; y los demas que hay de los puntos K y L hasta el diámetro AC, lo estén de los círculos semejantemente descritos de los polos A y C, por encontrarse sobre dichos formeros los descritos del polo A con los descritos del polo C, y así de los demas.

Esto supuesto, las plantillas de las concavidades se formarán de esta manera. Tírese aparte en el *num.* 2. la recta OS igual á la del *num.* 1. que se partirá por medio con una perpendicular arbitraria BM. Tómese con el compas la subtensa MB del *num.* 1. y ajustando el un pie del compas en O, y el otro donde alcanzare á la MB, hecho centro en B, descríbase el arco OS: últimamente por los puntos BO, BS descríbanse los arcos con el radio igual á KB, con lo qual será el arco BO igual al arco BP del *num.* 1. y quedará hecha la plantilla para la concavidad de la primera piedra angular, y esta servirá para todas las quatro angulares. La razon es clara; porque si se considera que sobre el diámetro BD inmoble rueda la subtensa BM, el punto M describirá un círculo sobre el radio 1M, cortado por los formeros que están sobre BA y BC; y como lo que estos cortan arriba sea igual á lo que cortan abaxo en la planta por ser perpendiculares, será la OS de la plantilla igual á la OS de la planta en el *num.* 1. y como la concavidad de la piedra sea cortada por el arco BE y el otro su igual, que se considera sobre BC, estarán sin duda bien hechos los arcos OB, SB que cierran la plantilla, describiéndoles con el mismo radio KB.

La plantilla para la concavidad de la piedra siguiente, se describirá así. Tírese la arbitraria NB, *num.* 2. tómese la distancia HM del *num.* 1. y con ella se describirá como án-

ántes el arco OS, cuya cuerda sea igual á la OS del *num.* 1. luego del mismo centro con, la distancia HN, se describirá el arco QR, cuya subtensa sea igual á la QR del *num.* 1. y por los puntos Q, O y R, S, con el radio igual á KB, se describirán los arcos que cerrarán la plantilla, cuyo lado OS será igual, y ajustará con el OS de la plantilla primera, por ser porcion del mismo arco que arriba dixe describe el punto M, moviéndose circularmente aunque sobre el polo H. Asimismo se describirá la de la tercera piedra, usando de los intervalos IN, IT, con que quedarán descritas las piedras que hay hasta los puntos K y L.

Las de las otras piedras contenidas entre las KL y AC, se harán así. Descríbanse en la figura del *num.* 1. los quadrantes GZ, F2 de los centros 4, 5, los quales representan los círculos que corresponden en la bóveda sobre los radios 4G, 5F. Hecho esto, descríbanse en el *num.* 3. los arcos ZY y 2 3, el primero con el radio igual á la VG del *num.* 1. y el arco 2 3 con el radio igual á VF; y dichos arcos se harán iguales á los ZY, 2 3 del *num.* 1. y haciendo el arco 3Y, y su correspondiente con el radio igual al XB, quedará concluida la plantilla; y así se continuarán las demas hasta llegar á la clave.

Las de los lechos y paramentos se cortarán como en la bóveda de la *prop.* 6, por ir todas las juntas de las piedras al centro X, así en la una como en la otra bóveda; pero solamente con las de las concavidades se podrá concluir la obra.

El modo de trabajar las piedras será cavarlas, dándoles á todas la concavidad del círculo máxîmo ABCD, para lo qual se cortará una cercha ajustada á dicho círculo: á esta superficie cóncava se aplicará su propia plantilla, y se le dará su figura; luego se hará una regla cercha ó bayvel ajustado al ángulo mixtilíneo IBA; y con esta se le dará á la piedra dicho ángulo por todas partes y lados, y se allanarán los planos de sus lechos y paramentos, que por ir sus tiranteces al centro X de la bóveda, todos forman dicho ángulo con la concavidad. Advirtiendo, que tam-

tambien han de ir al mismo centro las juntas ; con que las piedras de la bóveda se unen con las del arco ó formero AEB : y por consiguiente el ángulo de la concavidad de la bóveda con el plano de dicho formero y los demas , es igual al ángulo mixtilíneo CBX.

Esta práctica es general , y con ella se podrán trazar semejantes bóvedas vaidas sobre qualesquiera polígonos, fingiendo un polo en cada ángulo , los quales solo sirven para trazar las concavidades de las piedras ; porque sus tiranteces , como hemos visto , son las mismas de la media naranja , que va regida por el único polo puesto en su clave.

PROP. X. Problema.

Describir una bóveda vaida ó por igual sobre planta quadrada , regida por un solo polo puesto en su clave. (fig. 67.)

La bóveda que ahora hemos de delinear es la misma de la proposicion pasada , solo el modo de su descripcion es diferente , por ir toda ella dirigida de un solo polo que fingimos en su clave. Sea pues su planta horizontal el quadrado CBGP : imagínese para su montea , que el semicírculo BCP ú otro su igual está levantado verticalmente sobre dicho plano horizontal ; y estará la clave y polo de la bóveda en el punto C , que corresponde perpendicularmente sobre el centro A. Divídase el quadrante BC por medio en D ; y los arcos DC y BD divídanse en sus juntas , dexando una piedra entera para la clave C : tírense los perpendículos de estas juntas al radio AB ; y por estas divisiones descríbanse los círculos paralelos horizontales que se pudieren describir , sin cortar las líneas BC y BG : continúense últimamente las subtensas de los arcos del quadrante BC, hasta que corten el radio AC prolongado ; y hecho esto se delinearán las plantillas.

1 Las de las concavidades de las piedras que hay en la bóveda fuera de los formeros , se formarán así : Con la distancia de la pequeña cuerda CP , hágase del centro C un círculo , y este será la plantilla de lo cóncavo de la cla-

clave. Del punto I como centro, háganse dos arcos, uno con la distancia IP, y otro con la IQ; y cerrando con una recta, quedará hecha la plantilla para las concavidades de las piedras que forman el primer círculo ó zona al rededor de la clave; pero los arcos sobredichos se han de hacer iguales á los quadrantes de las cuerdas sus correspondientes, como dixe en la *propos*. 8. Con las distancias EQ y ED, háganse otros dos círculos que formarán la porcion curva DM, y esta será la plantilla para las concavidades de la siguiente zona; y así de las demas hasta el punto D, que son todas las que están fuera de los formeros, sin encontrar con ellos. Para trazar las que caen entre los formeros sobredichos y son cortadas por ellos, se procederá en esta forma.

Supongamos se ha de trazar la correspondiente á HSOVKT: descríbanse aparte *num*. 2. de un mismo centro con las distancias FD, FL del *num*. 1. las dos porciones de círculo KH, VS; y tirando la línea TO, parte de su radio, se cortarán TK, TH iguales á sus correspondientes en el *num*. 1. y asimismo OV, OS iguales á los arcos OV, OS del mismo *num*. 1. y cerrando con los arcos HS, KV, descritos con el radio KB del *num*. 1. quedará hecha la plantilla. De la misma suerte se hará la última, que es la correspondiente á SBV del *num*. 1. describiendo el arco VS con la distancia FL del mismo *num*. 1. y haciendo la OZ igual á la TO. Estas plantillas se harán en materia flexîble, para que se puedan adaptar á las concavidades de las piedras; y con ellas solas se trabajarán las piedras del mismo modo que se dixo en la propos. antecedente: y si se quisieren cortar las demas plantillas, se obrará como en la *prop*. 8.

PROP. XI. Problema.

Describir una bóveda sobre planta oval ó elíptica. (*fig*. 68.)

Pídese, que sobre la planta oval AEBD se fabrique una bóveda. Su descripcion será fácil, aunque mas tra-

ba-

bajosa, habiendo entendido la que se dió en la *proposicion* 6 de la media naranja; porque como solo se diferencie de ella en la planta, las operaciones seguirán el mismo método. Tírense pues sus diámetros AB, DE, que se corten perpendicularmente en C, centro de la bóveda; y determinando su crasicie DF, se describirá el otro óvalo paralelo al primero. Hecho esto, se describirá del mismo centro C, y sobre el diámetro DE el arco DIE, que servirá de fundamental, y se dividirá en sus piedras, cuidando sean tantas, quantas hay en la media planta DAE; y de ellas se tirarán los perpendículos acostumbrados al diámetro DE.

Si pareciere dar mayor elevacion á la bóveda, que es lo mas estilado, se haria el arco fundamental sobredicho de punto levantado, dándole la misma altura que ha de tener la bóveda. Este arco se imaginará verticalmente levantado sobre la DE: y de los puntos X, F, O, &c. en que los perpendículos cortan el diámetro, se describirán elipses paralelas á las primeras, lo que bastará se haga en un solo quadrante por no multiplicar líneas; y estos óvalos serán los vestigios horizontales de las juntas de las piedras: con esto se trazarán las plantillas del modo siguiente.

Supongamos por exemplo se han de trazar las plantillas para las piedras comprehendidas entre el plano vertical del quadrante DI, y el plano vertical que se imagina sobre la SC. Es constante, que los cortes verticales que hacen en las piedras estos dos planos, son los paramentos; y por consiguiente, las plantillas de los correspondientes sobre la DC, son los mismos del quadrante DI; y los mismos serian los correspondientes sobre la SC, si fuera la bóveda circular: pero por ser elíptica, la SC es mayor que DC, y el plano correspondiente sobre ella es elíptico; y así será menester formar aparte *num.* 2. sobre la SC igual á la SC del *num.* 1. por tranquiles ó plomos del arco principal DI, un quadrante de arco, que será rebaxado ó elíptico SCI; y los cortes que se vén en su frente, son los paramentos de la superficie de las piedras, correspondiente sobre la SC; y en esta misma forma

ma se harán los demas, describiendo otros quadrantes elípticos sobre la CT, &c. hasta llegar á la CB, á quien corresponden los mismos paramentos que están delineados en el quadrante elíptico DB.

Las plantillas de los lechos se trazarán en esta forma: el primer lecho DF, que asienta á nivel, tiene por plantilla el quadrilátero DFVS, *num.* 1. pero para formar el segundo, correspondiente á la junta 2 3, se tirará en el *num.* 3. la recta CD igual á la CD del *num.* 1. luego se formará el triángulo CDZ, con las rectas CZ, igual á la CS del *num.* 1. y con la DZ igual á la DS, tambien del *num.* 1. y se le dará á la DZ la misma curvatura que tiene la DS; y cortando la CF igual á la otra CF, se tirará la curva F3 paralela á DZ, y el quadrilátero DZ3F será la plantilla para el lecho de la junta 2 3. Para el lecho que corresponde á la junta KL, se cortará en el *num.* 3. la D5 igual á su correspondiente en el *num.* 1. y tirando la 5C, el quadrilátero D6 será la plantilla; y si se hubiere obrado bien, la F6 será igual á la M6 del *num.* 1. y así de las demas comprehendidas en el sector DCS.

Para trazar las plantillas de las piedras comprehendidas en el otro sector SCT, se obrará del mismo modo. Las de los paramentos correspondientes á SC, se tienen ya en el quadrante del *num.* 2. para los que corresponden sobre la CT, se formará sobre dicha línea en el *num.* 4. del mismo modo que ántes, el quadrante TIC, y allí se hallarán sus plantillas. Para las de los lechos se describirá el triángulo del *num.* 5. con las líneas CS, CT, ST iguales á sus correspondientes en el *num.* 1. y siguiendo el mismo órden que ántes, será la plantilla del lecho correspondiente á la junta 2 3, el quadrilátero SN: el SM es la de KL; y SO la de la junta siguiente; la plantilla del lecho primero que asienta á nivel, es el trapezio VT del *num.* 1. y así se procederá en las demas.

Solo faltan las plantillas para las concavidades, que se trazarán en esta forma. 1. Las que han de servir para las piedras contenidas en el sector DCS, se trazarán así: por exemplo, para la primera piedra se tirará aparte, *num.* 6.

la

la recta F3 igual á la cuerda F3 del *num.* 1. Sáquese del punto F la porcion oval FV igual á la FV del *num.* 1. formando en F el mismo ángulo: sáquese su paralela 3 8 igual á la O8, y el quadrilátero F8 será la plantilla: y si se hubiere obrado bien, la recta V8 será igual á la subtensa V3 del *num.* 2. y así se harán las demas pertenecientes á este sector.

Las del sector SCT se harán del mismo modo; pero tomando las subtensas del *num.* 2. *y* 4. y las secciones elípticas del *num.* 1. comprehendidas entre los radios CS, CT: como para la concavidad de la primera piedra, se tirará en el *num.* 7. la recta V3 igual á la subtensa V3 del *num.* 2. y tomando del *num.* 1. la porcion elíptica V9 con el mismo ángulo V, y la paralela 3 8 igual á la 8 8 del *num.* 1. se tirará la 9 8, que será igual á la 4 3 del *num.* 4. y el trapezio V8 será la plantilla, y así de las demas. Esto es algo trabajoso; pero se podrán excusar estas plantillas de las concavidades, por quanto con solas las antecedentes y con las cerchas y bayveles competentes se pueden labrar las piedras.

Las reglas cerchas ó bayveles habrán de ser diferentes, porque para los ángulos de los lechos, con las concavidades, será menester uno ajustado al ángulo DF3, *num.* 1. para sobre la DC; otro ajustado al ángulo SV3 del *num.* 2. para sobre la SC del *num.* 1. &c. Para los ángulos de los paramentos, con las concavidades, será menester uno con el ángulo DFV, *num.* 1. para sobre la DC; otro igual al ángulo SVF, para el extremo de la primera piedra que viene sobre la SC; y para el de la segunda piedra sobre la misma SC otro bayvel SV9, &c.

Adviertó, que las juntas de unas piedras no han de corresponder á las juntas de las otras, sí que las juntas de unas han de venir al plano de las otras, lo que hace mejor vista, y da mayor trabazon á las piedras, y firmeza á las obras, lo que se debe tener advertido en todas las vueltas de sillería.

PROP. XII. Problema.

Descripcion y fábrica de las bóvedas con cruceros de piedra. (*fig.* 69.)

Reconociendo los Arquitectos que las bóvedas hechas enteramente de sillares, tienen peso excesivo; y si se fabrican de solo ladrillo, no tienen tanta seguridad y firmeza, discurriéron fabricar en ellas unos arcos de piedra, que sirvan como de nervios mas sólidos, en que se afiance la seguridad de la bóveda, formando sobre ellos todo lo restante de ladrillo ú otra materia mas ligera. Supongamos pues, que sobre la planta quadrada ABCD se quiere fabricar una bóveda por igual ó vaida con los arcos traviesos ó cruceros sobredichos.

Operacion. Tírense las diagonales AC, BD, y las FH, IS perpendiculares á la mitad de los lados. Córtese la EG, que sea tres quintas de toda la EH con poca diferencia. Tírense tambien las rectas BG, CG, y hágase lo mismo en todas las quatro partes, como se vé en la figura: sobre todas estas líneas se han de imaginar sus arcos, de quienes ellas vienen á ser plantas ó vestigios horizontales, de suerte, que sobre las AC, BD, corren los arcos *diagonales* ó *cruceros*: sobre los lados DC, BD y los demas se forman los arcos *laterales* ó *formeros*: sobre TG, XZ, otros llamados *ligaduras*; y sobre las GB, CG y las demas, otros llamados *terciarios.* Todos estos son de piedra, y sirven para mantener todo lo restante de la bóveda, que se hace de ladrillo ú otra materia ménos fuerte: su delineacion es la siguiente.

Por ser esta bóveda porcion de un emisferio, serán todos los arcos sobredichos semicirculares ú de medio punto; los diagonales y los que corresponden sobre TG y ZX, serán partes de círculo máxîmo de la bóveda; y los demas serán porciones de círculos menores. Esto supuesto, prolónguese el lado CD, y tómese en él la CK igual á la media diagonal EC, y con esta distancia descríbase el semicírculo CLP, y este será el arco de las diagona-

nales. Para hallar la porcion del arco que le toca á la EG, se tirará la tangente LV igual á EG; y tirando la VM paralela á LK, el arco LM será el que pertenece á la línea EG. Descríbase ahora del centro I, con la distancia IC, el arco CN, y este será el arco ó formero para los lados. Ultimamente prolónguese la CG hasta que encuentre con el círculo horizontal AOB, que es la basa circular de la bóveda: hágase la C& igual á la CO, y la CR igual á CG: levántese del punto R la perpendicular RQ larga á discrecion, á quien del punto M se tirará otra perpendicular MQ: hágase un arco que pase por los tres puntos C, Q, &, y el arco CQ será el propio de la CG; y este mismo servirá para la GB y las demas sus iguales. Y la razon es, porque el arco LM es el que corresponde sobre la EG, el qual desciende de la clave L que corresponde á E, hasta el punto M que corresponde á G: luego siendo la CO, ó su igual C&, el diámetro del círculo que corresponde á la CG, será la RQ la distancia ó altura comun de los arcos de EG y CG, correspondiente al punto G: luego el arco CQ es el que corresponde á la CG.

Las tiranteces de estos arcos van en cada uno á su propio centro: las porciones de bóveda con que se van llenando los vacíos, tienen sus tiranteces al centro E de la bóveda, y las órdenes de ladrillos se van haciendo paralelas á la porcion de arco mas cercana, sea la que fuere. Adviértase últimamente, que esta bóveda tiene fuerte rempujo en sus ángulos, y así será menester armarla y fortalecerla allí con buenos estribos.

PROP. XIII. Problema.

Formar una bóveda con arcos cruceros sobre qualquiera polígono del quadrado arriba, que se mantenga con su propio peso sin mas estribos. (fig. 70.)

Aunque ahora ya no se estilan semejantes fábricas, por pertenecer mas propiamente al órden Gótico, que á los otros cinco que están en uso; pero por ser tan in-

geniosas, y hallarse executadas en algunos edificios antiguos, como actualmente se vé en la Metropolitana Iglesia de Valencia, juzgo por conveniente explicar el artificio con que se fabrican. Servirá pues de exemplo la que se halla en el Cimborio del sobredicho Templo sobre planta ochavada, y se sustenta sobre quatro arcos de punto levantado ó apuntados: sobre los ocho lados de la planta suben á plomo ocho paredes de competente altura, y forman un paralelepípedo ochavado, que coronado con un entablamento de los que se usaban en aquel tiempo, constituye el primer cuerpo de la fábrica con ocho ventanas, una en cada lado. Sobre este primer cuerpo se levanta la bóveda, que formando el segundo, cierra juntamente el edificio. Su disposicion es la siguiente.

Sea el octógono ABEN, &c. la planta de la bóveda: tírense las diagonales, que se cortarán en el centro C, y estas serán los vestigios horizontales de los arcos diagonales, y juntamente sus diámetros: descríbase sobre una de ellas, como por exemplo sobre la BF, el arco apuntado BGF, cuyos centros son B y F, á quienes se dirigirán sus tiranteces; sobre el lado BA fórmese el quadrado BI, cuya altura AI es la del segundo cuerpo; sobre el entablamento y sobre la HI, como diámetro, descríbese el arco apuntado HLI, cuyas tiranteces vayan á los centros H, I; y esto mismo se ha de suponer tambien sobre los demas lados, los quales arcos sirven de formeros para la bóveda, y en ellos y en dicho segundo cuerpo hay otro ventanage semejante al del primer cuerpo. Sobre los arcos diagonales se edifica la bóveda, siguiendo la misma montea del arco ó formero HLI, la qual es de ladrillo de rosca, y llena los vacíos ECA, ACB, &c. de los arcos diagonales, que por ser apuntada, forma en medio un ángulo entrante en correspondencia de la línea QC: esto mismo se hace en todos los ochavos, y queda concluida la obra con mucha hermosura y suficiente firmeza, sin casi necesitar de mas estribo, como demuestro en la forma siguiente.

Demonstr. Primeramente, la bóveda que está sobre los

los cruceros AC y BC, y llena el vacío, cuya planta es el triángulo ACB, tiene bastantes estribos con las bóvedas colaterales correspondientes á los triángulos ACE y al de la otra parte; porque siendo de punto tan levantado, es poco su empujo, contra el qual tienen bastantísima resistencia las sobredichas bóvedas colaterales, singularmente quando la planta es de seis ú ocho ó mas lados. Solo puede haber dificultad, en que, al parecer, los arcos diagonales, que son los que como nervios sustentan las bóvedas sobredichas, necesitarán de grandes estribos, siendo así, que tienen muy pocos en la sobredicha fábrica; pero digo, que por el mismo caso que estos arcos sustentan las bóvedas, no necesitan sí de muy pocos estribos; y en esto está lo mas primoroso del arte con que se mantienen semejantes obras; el qual consiste en aquel maravilloso enlace con que los cruceros ó arcos diagonales sustentan las bóvedas hechas en sus vacíos, y estas mantienen los sobredichos arcos, y juntamente á sí mismas con sus recíprocos y encontrados empujos.

Para inteligencia de esto es menester suponer, que el arco apuntado BGF necesita para su firmeza de ser cargado en la clave, y juntamente en los tercios OP: de suerte, que si estuviese solamente cargado en OP, y no en la clave, corria gran riesgo de que la porcion de arco cerca la clave reventase, saltando hácia arriba; porque el peso que en PO impele las piedras hácia abaxo, viene como á querer reducir el arco FG á línea recta, y por consiguiente hará surtir la clave hácia arriba, si no tiene sobre sí suficiente peso. Tambien si hubiese gran peso sobre la clave, y poco ó ninguno en los tercios O, P, el peso de la clave impeleria las piedras de OP, y si allí faltasen competentes estribos, se arruinaria el arco; pero habiendo competente y proporcionado peso en la clave y en OP, no son casi menester otros estribos para que dicho arco se mantenga, por servirle de ellos el peso que carga en los dichos tercios O, P. Cargando pues las bóvedas de ladrillo de rosca sobre los arcos cruceros, es forzoso se mantengan estos firmes, y

ser

ser grande el peso sobre sus tercios, donde es mayor la bóveda; pues tanto es esta menor, quanto mas se acerca á la clave, donde se termina; y tanto mayor, quanto mas se aparta de ella hácia los formeros. Con esto y el suficiente peso que se le ha dado á la clave, se sustenta dicha fábrica sin mas estribos, no sin grande admiracion de los que atentamente la consideran. Quál haya de ser la proporcion del peso de los tercios con el de la clave, pende de la experiencia y del juicio del sabio y prudente Maestro.

PROP. XIV. Problema.

Trazar una media naranja, cuyas piedras la vayan cerrando á manera de rosca. (*fig.* 71.)

En la media naranja que se describió en la *prop.* 6, se disponian las piedras circularmente de suerte que formando círculos paralelos, viniesen á cerrar en la clave; pero en la que ahora describimos van subiendo las piedras enroscadas de manera, que dando diferentes vueltas á modo de rosca, vienen á cerrar la media naranja en la clave, que es de figura circular. Esta bóveda tanto como tiene de ingeniosa, tiene de trabajosa, porque cada una de sus piedras necesita de diferentes plantillas; y aunque van regularmente cortos los Autores en su explicacion, procuraré declararla con la claridad posible.

Sea el círculo ABCD la planta horizontal de la media naranja: tírense los diámetros AC, DB, que se corten perpendicularmente en el centro P, desde el qual se hará un círculo pequeño OI, que será la planta de la clave. Hecho esto, se describirá la rosca dentro del círculo ABCD, que fenecerá en el círculo pequeño OI: haráse su descripcion, ó por la *prop.* 19 del *lib.* 1 de la *Geometría Práctica*, ó por qualquiera de los modos dados en la *prop.* 16 del *lib.* 1 de la *Arquitectura Civil.* Divídase en sus piedras, cuyas juntas y tiranteces vayan todas al centro P de la bóveda; y las de la una vuelta vengan sobre el lado de las piedras de la otra, como se vé en la figura, la

qual

qual representa la icnografía horizontal de la media naranja. Todo esto es fácil, la dificultad está en trazar las plantillas para las piedras; y supuesto que con las mismas reglas con que se trazan las de una, se trazan todas, bastará explicarlas en una de ellas.

Sirva pues de exemplo la piedra G, cuyas plantillas se han de cortar: y primeramente, para formar la de la concavidad, se describirán del centro P, por las esquinas de la piedra G, los arcos MQ, Le, Va, TX hasta el radio AP: luego se tirarán las XH, a2 perpendiculares al dicho radio; y asimismo las eR Q3. Tírese aparte en el *num.* 2. una recta larga á discrecion; y con la distancia VQ igual á PQ del *num.* 1. hágase el arco MN igual al arco M4 del *num.* 1. y que quede dividido por medio con la recta VP: tómese la QP, *num.* 2. igual á la distancia H3 del *num.* 1. y se señalará el punto P: tómese en el *num.* 1. la PX, y pásese al *num.* 2. desde P hasta T; y haciendo centro en T, descríbase con la misma distancia TP el arco KZ, el qual se hará igual al arco T5 del *num.* 1. quedando tambien dividido por medio en P: córtese la PX, *numero* 2. igual á H2 del *num.* 1. y la QY igual á R3: tómese del *num.* 1. la distancia Pe, y con ella, por el punto Y, descríbase el arco OL igual á 6L del *num.* 1. y con la distancia Pa, descríbase en el *num.* 2. por el punto X el arco HS, haciéndole igual al arco 7V del *num.* 1. quedando estos como los demas divididos por medio en Y y X. Divídase la línea QY por medio; y por este punto y los O, N, descríbase el arco ON: asimismo divídase XP por medio, y por este punto y los K, S, descríbase al arco KS, y el quadrilátero ONKS será la plantilla que se pretende. La razon es, porque el MNKZ seria la plantilla para la concavidad, si la piedra fuese en el *num.* 1. 5TM4, y la OLHS lo seria de la piedra 7VL6, luego el sobredicho quadrilátero NK, es la plantilla de lo cóncavo de la piedra G, cuya planta es 5VM6 en el *num.* 1. De aquí se colige, que la primera piedra, cuya planta es AZY, *num.* 1. tiene triangular la plantilla de su concavidad; y á la línea ó lado

do ZY, le corresponde la longitud igual á la AV del *num.* 1. segun la práctica antecedente; y así de las demas.

Las plantillas de los paramentos y de los lechos se harán fácilmente; porque hecha la plantilla de la concavidad, por exemplo, de la piedra G, como se vé en el *num.* 2. se formarán sobre los lados NS y OK las de los paramentos, y sobre ON y KS las de los lechos. Las de los paramentos se harán en esta forma: Tómese del *num.* 1. el radio PA, y descríbase en el *num.* 3. un arco á discrecion, y otro del mismo centro con la distancia P8. Tómese con el compas el lado NS del *num.* 2. y ajústese al arco inferior del *num.* 3. y tirando del centro de estos arcos las líneas por N y S, quedará hecha la plantilla para el paramento, correspondiente al lado NS del *num.* 2. de la misma suerte se cortará la del otro paramento de esta piedra y todas las demas. Asimismo se cortarán las de los lechos, sin mas diferencia, que en lugar de adaptar la NS del *num.* 2. al arco del *num.* 3. se adaptará la SK del *num.* 2. para el lecho inferior, que es el mayor; y la ON para el superior. En lo demas se procederá como en las medias naranjas ordinarias.

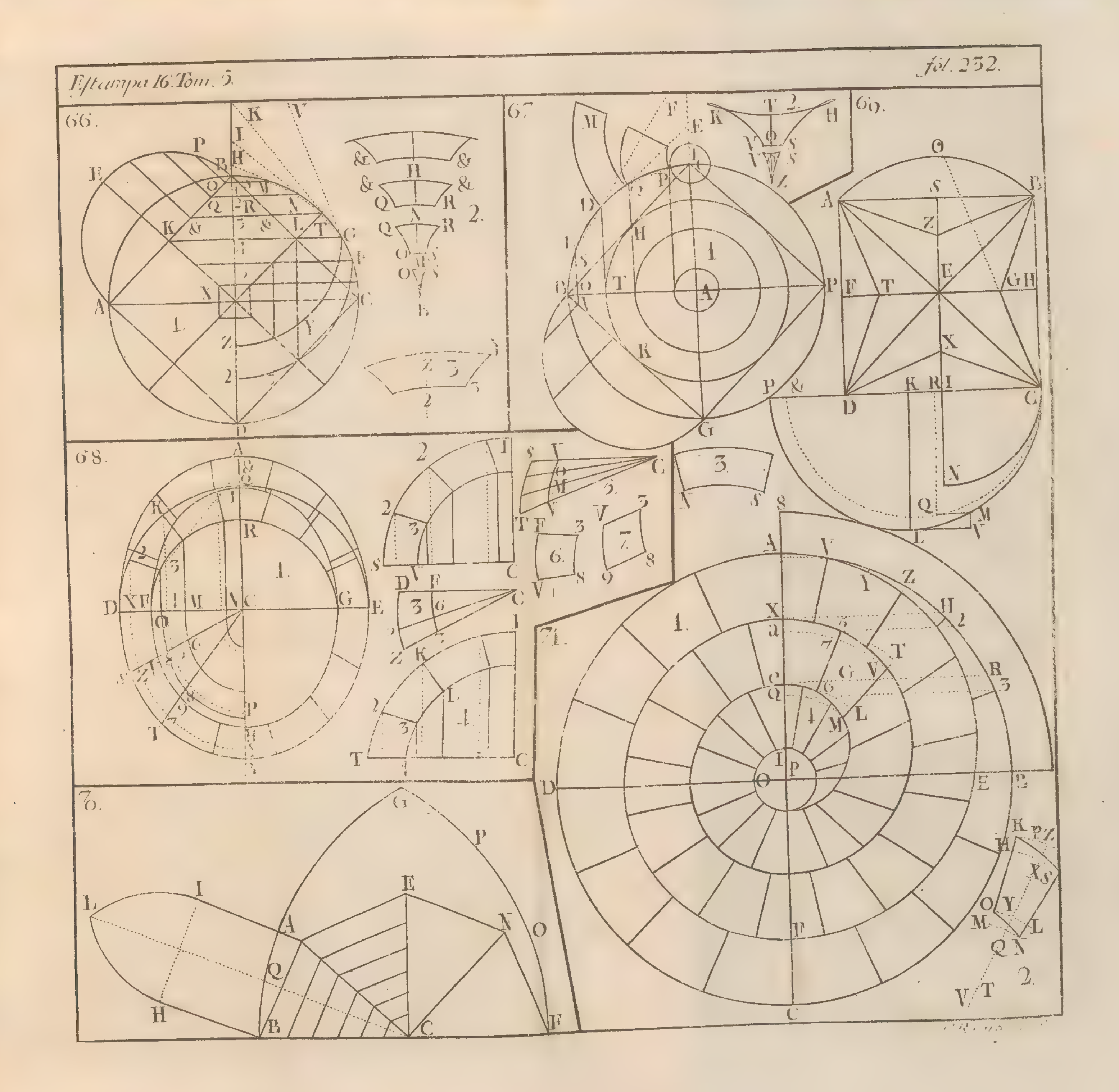
PROP. XV. Problema.

Trazar la bóveda que llaman en rincon de claustro. (*fig.* 72.)

Llámase esta bóveda *Claustral* ó *Vuelta en rincon de claustro*, por estilarse solamente en los claustros ó corredores que constan de cañones cilíndricos seguidos, los quales al encontrarse en los ángulos se cortan mutuamente, formando allí con este corte una bóveda mixta de arista y esquife, cuya idea y formacion es la siguiente.

Sean los dos cañones cilíndricos de bóveda en un claustro MB y SD, los quales vienen á encontrarse y cortarse en la diagonal AB del rincon. Digo que este corte es parte esquifado, y parte por arista; porque asentando el un cañon de bóveda sobre la EB, y el otro

so-


66.
67.
68.
69.
70.
71.

sobre la DB, es forzoso, que sobre la XB, mitad de la diagonal, formen sus encuentros un ángulo entrante hácia arriba, como en las vueltas de algive ó esquifadas. (5.) Y por estar sobre las AE y AD los vacíos ó claros de las bóvedas, es forzoso que en la otra mitad AX de la diagonal se forme un ángulo saliente hácia abaxo, como en las vueltas por arista: (1.) luego en el rincon AB, y sobre el quadrado AD, BE, se forma un corte de bóveda mixto de esquifado y por arista.

Esto supuesto, su formacion se hará fácilmente siguiendo las reglas dadas en las *proposiciones* 1 *y* 5 citadas, donde expliqué el modo de formar las dos especies de bóvedas referidas: formando la cimbria ó cerchon AF por tranquiles del modo ordinario, y cortando las plantillas para la arista, segun se dixo en la *propos.* 1, y para la parte esquifada segun la *proposicion* 5. Lo mas freqüente en los claustros es hacer absolutamente sus vueltas por arista; formando tambien formeros sobre las EB y DB. Pero si se quisiere hacer la sobredicha vuelta, aunque sea sobre qualquiera especie de polígono, bastará usar de las reglas dadas en el lugar citado.

PROP. XVI. Problema.

Explícase la formacion de las lunetas en un cañon seguido de bóveda. (*fig.* 73.)

Es freqüente en los lados de las bóvedas seguidas, que cubren las naves de las Iglesias y en otras semejantes, abrir ventanas que den entrada á la luz, para lo qual es necesario cortar en aquellos lugares la bóveda, hacer formeros, y de estos á la bóveda principal fabricar otra; y el corte que de entrambas se forma es lo que llaman *luneta*: con que esta consiste solamente en el encuentro de la una vuelta con la otra. Y habiéndose explicado en varias partes de este tratado el modo de trazar estos cortes y encuentros, se podrá fácilmente colegir el modo de trazar las lunetas, singularmente siendo tan parecidas á la *vuelta por arista*, que se expli-

plicó en la *propos.* 1 de este libro; pero para mayor facilidad añado la explicacion siguiente.

Para formar su planta hágase el quadrado AD, cuyo lado sea igual al semidiámetro del cañon de la bóveda en quien se ha de abrir la luneta: con el lado DB, como radio, descríbase el quadrante BX, que será la mitad de lo cóncavo de dicha bóveda, que supongo sea de medio punto. Divídase el lado AB por medio en R, y del centro R hágase el semicírculo ATB, que será el formero de la luneta donde se suele abrir la ventana. Tírense en el quadrado las diagonales AD, BC, y el triángulo AEB será la icnografía de la luneta. Tírese la EF paralela á AB, que cortará al semicírculo mayor en F, y la porcion BF es lo que ocupa en el cañon de bóveda la luneta en derechura de su mitad, que es justamente el tercio de la bóveda; porque siendo RE ó BH mitad de su semidiámetro, es por consiguiente el seno del arco FX de 30 grados: luego FB es de 60 grados; y por consiguiente el tercio de 180 que es el semicírculo.

Divídase el semicírculo ATB en partes iguales y senares como se acostumbra; y tírense los perpendículos, continuándolos hasta las AE, BE, y de las divisiones de la EB se tirarán paralelas á la EF, que cortarán la porcion de círculo BF en los puntos M, N, &. Tómese ahora con el compas la HF, y pásese desde R hasta I, y este punto I será el que corresponderá perpendicularmente en el ayre sobre el punto E despues de hecha la luneta. Continúese la AB hasta G de suerte, que BG sea igual á RT. Váyanse pasando á la BG los perpendículos del formero ATB: tírese la GF y las demas rectas desde las divisiones de la BG á sus correspondientes en el arco BF, y estas serán los lados inclinados correspondientes á las paralelas de la planta AEB; esto es, la GF es el lado inclinado que corresponde á la RE; el siguiente corresponde al 5 5, y así los demas. Luego se formará la cimbria ó cerchon AV por tranquiles ó planos del perfil BHF, haciendo la EV igual á HF, y levantando de los puntos 5, 4, &c. los perpendículos iguales á los correspon-

pondientes en el perfil BHF, con que quedará formado el cerchon rebaxado AV; y si se imagina otro semejante sobre la BE, y que ambos se levanten perpendicularmente sobre las AE, BE, sus periferias formarán el corte de la luneta en la bóveda. Con lo qual se cortarán las plantillas para las piedras, que forman la luneta del modo siguiente.

Para las concavidades tírese en el *num.* 2. la HA igual á la curva del quadrante AT, con sus mismas divisiones: y sobre la AB, que es igual á la curva AQ del *num.* 1. con la AC, igual á la curva AO del *num.* 1. y la BO igual al lado inclinado KM: hágase el triángulo ABC, y será la plantilla de la primera concavidad correspondiente á AQ. Para la concavidad de la piedra siguiente, sobre la DB y BC del *num.* 2. se formará el quadrilátero DECB: tomando la CE igual á la OP del *num.* 1. y la DE igual al lado inclinado LN, y quedará hecha la plantilla, y así se continuará en las demas concavidades.

Adviértase, que para firmeza de la obra es menester, que algunas piedras formen la arista de la luneta de modo, que parte de ellas pertenezca á la luneta, y parte á la bóveda: y así es menester, que por la parte perteneciente á la luneta tenga la concavidad propia de esta, y por la otra parte tengan la bóveda, cuya plantilla se formará por las reglas dadas en las *proposiciones* 14 *y* 40 del *lib.* 2 donde se trató de este género de bóvedas y arcos.

Para formar las plantillas de los lechos se describirá sobre el formero ATB su circunferencia exterior, y asimismo sobre BF las de la bóveda: y por tranquiles se hará tambien la periferia exterior sobre la forma AV de la arista; lo que por ser bien sabido, y no aumentar líneas, se supone hecho en la figura. Omito aquí la formacion de las demas plantillas, por colegirse bastantemente de la proposicion citada.

Adviértase, que las tiranteces de los lechos han de ir hácia el exe de la luneta, que es inclinado y paralelo al lado inclinado FG del *num.* 1. y se perficionarán ellos,

y

y las concavidades con una regla cercha, que lleve el ángulo mixtilíneo ZQA; pero aplicándola siempre de suerte, que guarde el paralelismo con el plano del formero ATB, á quien se harán paralelos los paramentos de las piedras, ménos los que terminaren en la arista: y por consiguiente, el ángulo que hacen con las concavidades, es igual al complemento de los ángulos HFG, &c. al semicírculo. Si se quisiere que la luneta tuviese tambien curvatura á la pechina, se les dará dicha curvatura á los lados inclinados GF, y los demas á arbitrio prudente del Artífice; y segun ellos, se fabricarán los cerchones para darles aquella forma á las piedras: y esto hace sin duda mas garbosas las lunetas.

PROP. XVII. Problema.

Explícase la formacion de las lunetas en una media naranja. (fig. 74.)

Suélense muchas veces fabricar las medias naranjas sin linterna, cargándolas inmediatamente sobre sus quatro arcos ó formeros: y en este caso las ventanas que habia de tener la linterna, se pueden abrir en la media naranja, cortando allí proporcionadas lunetas, que á mas de la conveniencia de la luz, le acarrearán no poca belleza y hermosura. El modo de trazar estas lunetas es el siguiente.

Sea el círculo ADBE la planta de la media naranja, que se dividirá en ocho partes iguales, y se tirarán los diámetros AB, ED, &c. y para que la luneta llegue hasta el tercio de la bóveda, se le dará á su planta la mitad del semidiámetro. Divídase pues el arco AD por medio en F, y tírese el radio FC, que se partirá por medio en G. Divídase el arco FA en tres partes iguales, y se notará una de A hasta H, y otra de D á I: tírense las rectas GH, GI, y el triángulo HGI será la planta de la luneta. Del punto K como centro descríbase el formero HLI, que se dividirá del modo acostumbrado en sus piedras ó dovelas, y se tirarán los perpendículos á su diámetro HI, como

como otras veces, continuándolos hasta los lados GH, GI de dicho triángulo; y las líneas NT, OM, KG, &c. serán las icnografías de los lados ó juntas.

Continúese ahora la HG hasta P, y dividiendo la cuerda HP por medio en Q, será la HQ el semidiámetro del círculo, cuya porcion forma la arista en la media naranja. Descríbase pues del centro Q el arco HX á discrecion, y levántese la perpendicular GX, y el arco HX será la arista; y GX el perpendículo ó elevacion del punto X sobre el punto G puesto en el plano horizontal: tírense tambien las MY y TZ paralelas á GX, y serán los perpendículos correspondientes en la arista á los puntos M, T de la planta. Con esto se podrán trazar las plantillas, sacando primero los lados inclinados como se sigue.

Tírese aparte en el *num.* 2. la recta GK igual á la GK del *num.* 1. Levántese la perpendicular GX igual á la GX del *num.* 1. y la KL igual á la KL; y la línea XL será el lado inclinado, cuya planta horizontal es GK. Córtese en el *num.* 2. la KM igual á la OM; levántese la perpendicular MY igual á la otra MY, y la KR igual á la OR; y la YR será el lado inclinado correspondiente á MO del *num.* 1. Asimismo tómese la KT igual á la NT: levántese la perpendicular TZ igual á la otra TZ; y cortando la KS igual á la NS, la ZS será el otro lado inclinado.

De aquí se sacarán las plantillas para las concavidades y para los lechos, de la misma suerte que en la *propos.* 15 del *lib.* 2, usando con el mismo órden de las dovelas ó divisiones del formero HLI, y de las de la arista HX, y de los lados inclinados hallados en la fig. del *num.* 2. las quales operaciones no repito por ser totalmente las mismas.

LI-

LIBRO V.

DE LAS VUELTAS PARA ESCALERAS, Y OTROS ARCOS Y BÓVEDAS IRREGULARES.

PROP. I. Problema.

Describir un arco ó bóveda, que corra en forma de anillo ó corona. (fig. 75.)

ESte género de vueltas sirve para cubrir corredores circulares, que forman una como corona ó anillo. De lo que se ha dicho en los libros antecedentes, no será difícil su descripcion. Sea pues el semicírculo XAM la mitad de un patio ó descubierto circular, por cuyo rededor se ha de formar un corredor cubierto con bóveda de medio punto, que por consiguiente formará una corona ó anillo; y sea la planta de su quadrante MACN. Divídase la circunferencia CN en las partes iguales ó piedras que se quisiere; y tírense á las divisiones los radios IC, IO, IP, &c. Sobre uno de ellos descríbase el arco AGCBHD, dividido en sus dovelas, y con los perpendículos ordinarios; y de los puntos en que estos cortan al diámetro AC, descríbanse del centro I los quadrantes que se vén en la figura; y el arco BHD será la montea ó perfil de la bóveda, que se imaginará vertical; y los quadrantes contenidos en ACNM serán los vestigios de las juntas de sus piedras. Con esto se cortarán las plantillas como se sigue.

Primeramente, las de los paramentos ó frentes se hallan descritas en el arco BHD.

Las

2 Las plantillas para los lechos primeros serán, para el de DC el quadrilátero DO; y para el de AB será el quadrilátero AK. Para trazar la del lecho correspondiente á FE, se tirará aparte en el *num.* 2. una línea á discrecion; y cortando allí la I3 igual á la I3 del *num.* 1. se hará con ese intervalo el arco PQ igual al arco 3R del *num.* 1. de suerte, que quede dividido por medio en el punto 3. Luego se cortará allí la 3 2 igual á la FE, *num.* 1. y se tomará de dicho *num.* 1. la I2, y puesto el compas en el punto 2 del *num.* 2. se señalará el punto S, y de S como centro se describirá el arco NM igual al 2V del *num.* 1. de suerte, que quede dividido por medio en el punto 2, y cerrando con las PN, QM, será el trapezio PM la plantilla que se desea: y de esta misma suerte se trazarán las demas.

3 Las de las concavidades se harán de la misma suerte. Sirva de exemplo la que ha de servir para la concavidad FD. Tírese en el *num.* 3. la I3 igual á la I3 del *num.* 1. y con esta distancia hágase el arco FR igual al arco 3R del *num.* 1. tómese en derechura de la I3 la 3D igual á la curva FD del *num.* 1. y tomando la distancia ID del *num.* 1. se notará con ella en el *num.* 3. la distancia DS, y con esta, hecho centro en S, se tirará el arco PQ igual al DQ del *num.* 1. cuidando queden entrambos arcos divididos por medio en los puntos 3 y D; y tirando las FP, RQ, el trapezio FQ será la plantilla.

ADVERTENCIAS.

1 *Si solo se edificase la mitad del arco HGCD por todo el corredor ó corona, se mantendria sin riesgo, por sustentarse las piedras unas á otras con sus tiranteces; porque siendo mas anchas por la parte que mira hácia C, que por la otra, es forzoso se sustenten unas á otras, estando perficionada toda la corona: lo que no podrá ser si se fabrica mas de la mitad DZ, porque la piedra Z caerá sin duda por la razon opuesta.*

2 *Cuídese, como en otras bóvedas, que las juntas de unas piedras no vengan sobre las juntas de otras, sí encontradas; esto es, las juntas de unas sobre el lado de*

las

las otras ; lo que es necesario para la firmeza y trabazon de la obra : lo qual se hara describiendo sobre AC ú otro diámetro, un otro arco como el AGD con las juntas ó dovelas encontradas á las de AGD, valiéndose despues alternativamente del uno para un órden de piedras, y del otro para las de otro órden.

3 De la misma manera se fabricará este género de bóvedas anulares, aunque sean rebaxadas ú de punto subido, formando solamente el perfil ó arco fundamental sobre la AC de qualquiera de las sobredichas especies.

PROP. II. Problema.

Describir un arco ó bóveda en forma de corona elíptica. (fig. 76.)

Supóngase una corona elíptica, cuyas dos elipses sean concéntricas, y disten igualmente entre sí, que formen un corredor, que se haya de cubrir con una bóveda de medio punto. Sean pues los quadrantes elípticos ABCD, que forman el quadrante de la planta de la bóveda : del centro E, que es comun á entrambas elipses, descríbase el quadrante de círculo AF, que se dividirá en partes iguales, segun el número de las piedras que han de caber en la periferia horizontal del anillo ó corredor : del centro E por estas divisiones tírense radios que traviesen toda la planta, y serán, segun lo supuesto, los segmentos comprehendidos entre las elipses AB, DC todos iguales : sobre uno de ellos, como por exemplo sobre AD, descríbase el arco doble AHD dividido en sus dovelas, de quienes caygan los perpendículos acostumbrados sobre su diámetro AD; y por las divisiones de AD descríbanse quadrantes elípticos paralelos, que dividirán los radios, conforme lo está la AD : con esto se harán las plantillas como se sigue.

1 Las de los lechos primeros que asientan á nivel, son DT y AX : las otras se formarán así. Supongamos se quiere trazar la del lecho correspondiente á la junta GH, cuya icnografía son las líneas curvas KL, MN, y para mas facilidad divídanse por medio en O y P, con la EP, y ti-

tírense las cuerdas KO, OL, MP, PN. Hecho esto, tírese aparte en el *num.* 2. la OP igual á la GH del *num.* 1. tírense las perpendiculares OK, OL, PM, PN iguales á las del *num.* 1. y cerrando con las KM, LN, será el quadrilátero KN la plantilla del sobredicho lecho: y aunque es verdad, que las KL, MN hayan de ser curvas segun su elipse; pero se desprecia ese pequeño error, como insensible en las piedras, singularmente quando la bóveda es crecida. De esta misma suerte se trazarán las demas, que serán todas diferentes por la varia curvatura que tiene la elipse en diferentes partes del quadrante.

Las de las concavidades se trazarán con el mismo artificio: sirva de exemplo la concavidad GV, cuyos lados tienen por icnografía las líneas KL, ST: tírese aparte en el *num.* 3. la OR igual á la GV del *num.* 1. tírense las perpendiculares OK, OL, RS, RT iguales á las del *num.* 1. y cerrando con la KS, LT, será el trapezio LS la plantilla que se pide. En esta bóveda se observarán las mismas advertencias dadas en la proposicion antecedente.

PROP. III. Problema.

Fabricar un medio arco ó bóveda sobre planta quadrada, que insista firme sobre un pie solamente.
(*fig.* 77.)

Dixe en las proposiciones antecedentes, que la bóveda anular, que se edifica sobre un claustro redondo ó elíptico, se mantendrá sin riesgo con un solo pie, miéntras que su vuelta no exceda la mitad de su arcuacion. Esto mismo sucederá sin duda, edificando este modo de bóveda sobre un corredor ó claustro quadrado; y podrá servir para rodear con un pórtico qualquier patio ó plaza quadrada, que se mantendrá aun con mayor seguridad, que sobre piedras largas, que de las paredes salgan avanzadas hácia fuera.

Sea pues KL la mitad del quadrado que se ha de circuir con dicho género de bóveda, dexando descubierto

el quadrado HI: tírense las diagonales GL, GY; y del centro G, con la distancia GI, descríbase un semicírculo: divídase el arco I I en qualesquiera partes iguales, segun hubiere de ser la magnitud de las piedras; y por las divisiones tírense del centro G las rectas AB, CD, &c. Trasládese aparte en el *num.* 2. la línea AB, y descríbase sobre ella el quadrante doble VB, que se dividirá en sus piedras, y se tirarán sus perpendículos al radio AB del modo ordinario: las divisiones de este radio AB trasládense á la AB del *num.* 1. y por cada division tírense paralelas á la LY.

Trasládese tambien aparte en el *num.* 3. la recta CD del *num.* 1. con sus divisiones, de las quales se levantarán perpendiculares iguales á los perpendículos del *num.* 2. y guiando líneas por sus extremidades, se habrá descrito un quadrante rebaxado ó elíptico. Esto mismo se hará sobre la EF y sobre la IL y sobre todas las rectas que se hubieren tirado del centro G. Y se trazarán las plantillas del modo siguiente.

1 En el arco del *num.* 2. se hallan formadas las plantillas de los paramentos, que se terminan ó corresponden sobre la línea AB del *num.* 1. En el arco hecho en el *num.* 3. se hallan las de los paramentos correspondientes sobre la CD, y así de las demas.

2 Las plantillas para los lechos se harán en esta forma: pídese por exemplo la del lecho NO, *num.* 2. tírese en el *num.* 4. la NO igual á la NO del *num.* 2. levántense las perpendiculares NN, OO iguales á sus correspondientes en el *num.* 1. y con sus mismas divisiones; y tirando las líneas obliqüas de una á otra division, se tendrán en el trapezio NO todas las plantillas de los lechos correspondientes á la NO del *num.* 2. De la misma suerte se hallarán las de la junta PR, tirando aparte la PR, y levantando las perpendiculares iguales á las PP, RR del *num.* 1. y para la junta QS, *num.* 2. servirán las perpendiculares QQ, SS del *num.* 1. y así de las demas.

3 Las plantillas para las concavidades, como por exemplo, para la VN del *num.* 2. se tirará en el *num.* 5. la

VN

VN igual á la subtensa VN : levántense las perpendiculares VI, NN iguales á la AI, NN del *num.* 1. con sus divisiones, y se tendrán dichas plantillas: para la concavidad NQ se tirará aparte la subtensa NQ, y se levantarán las perpendiculares iguales á las NN, PP, que son sus correspondientes en el *num.* 1. y así de las demas.

Este género de bóveda formará en los rincones del quadrado ángulos entrantes, como la vuelta esquifada, por mover sin formero alguno.

PROP. IV. Problema.

Explícanse las reglas que se deben observar en la fábrica de las escaleras.

Son las escaleras partes muy principales de un edificio, y por consiguiente debe poner el Arquitecto especial cuidado en su disposicion; porque siendo lo primero que dentro de la fábrica se ofrece á los ojos, seria gran descrédito de la obra encontrasen estos tan presto cosa que reprehender. Tratan de ellas algunos Autores, singularmente Andres Palladio en el *lib.* 1 *cap.* 28. Unas tienen planta rectilínea, y se llaman *rectilíneas*, cuyos vuelos van siguiendo los lados del rectilíneo, formando sus descansos en los ángulos; otras son circulares, que vulgarmente llamamos *caracoles*, y suben seguidamente en forma de espira: unas y otras tienen bien en que entender, especialmente fabricándose de suerte, que por una parte queden abiertas y como suspensas en el ayre.

Las leyes que deben observar para que sean descansadas y garbosas, son las siguientes. 1. Que los escalones ni tengan notablemente mas altura que de medio pie, ni ménos que un tercio de pie. 2. De ancho han de tener casi el paso natural, y así no han de tener ménos de pie y medio, ni tampoco conviene pasen notablemente de dicha medida. 3. Los grados séan nones, no pares, para que si al subir se pone el pie derecho en el primer escalon, que es lo mas natural, con ese mismo se entre en el quarto de arriba. 4. El número de las gradas

en cada ramo ó vuelo sean 7 ó 9, porque con esto, ni se tarda mucho, ni se acelera sobrado el llegar al plano que sirve de descanso. 5. El estilo ordinario es mover las escaleras hácia la izquierda del que sube, dirigiendo hácia aquel lado sus vuelos; y lo contrario suele tenerse por defecto.

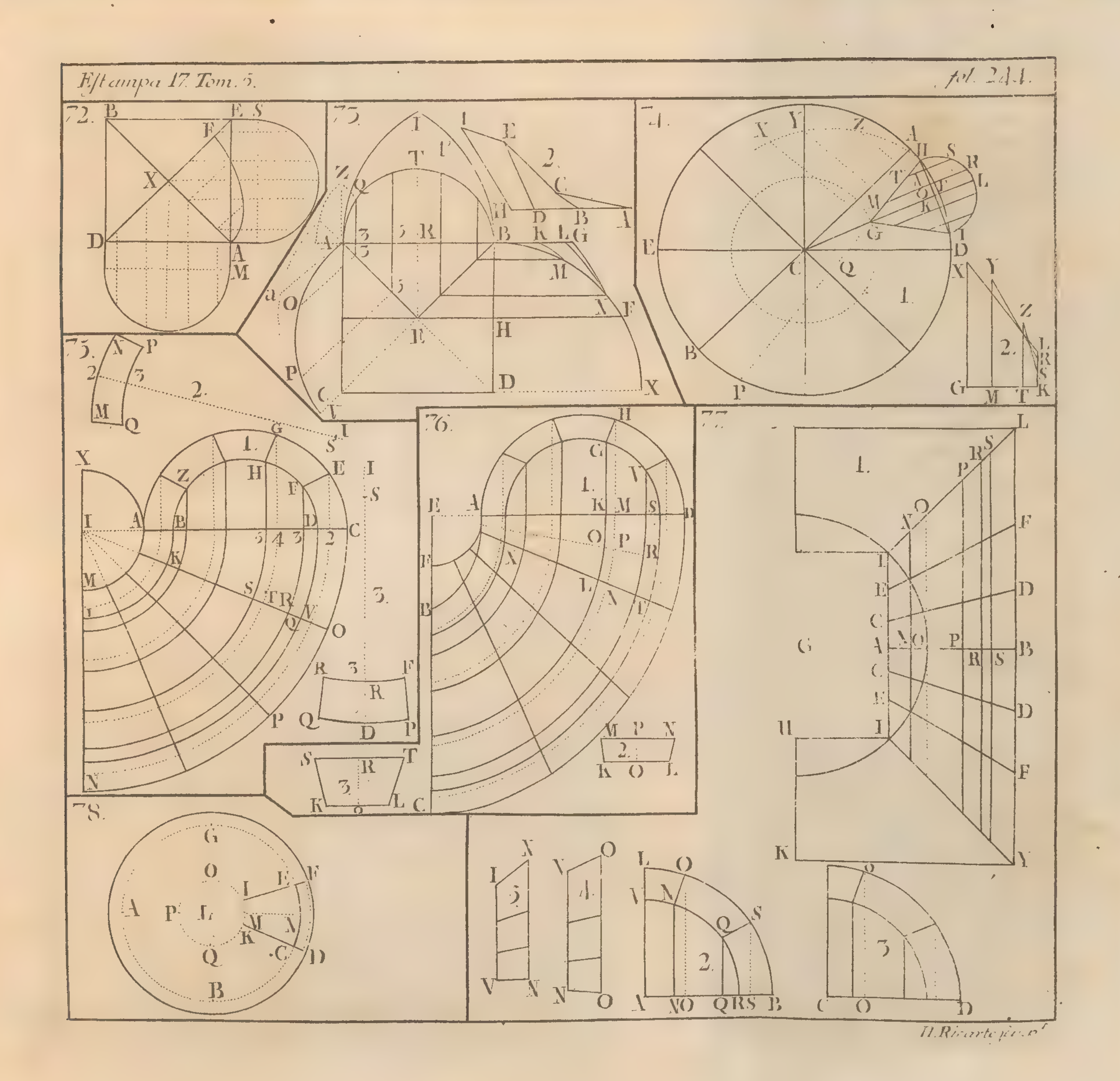
Estas leyes se observarán quando fuere posible; porque muchas veces se verá obligado el Arquitecto á desviarse algo de ellas, singularmente para ajustar los vuelos de la escalera á las entradas de las estancias y quartos; pero debe procurar plantear y disponer la fábrica de tal suerte, que la escalera principal no se fabrique en lugar condenado, y darle la capacidad competente para que subiendo con suavidad, vengan sus ramos ajustados á las entradas de las piezas. El modo de fabricar y trazar los principales géneros de escaleras, se explica en las proposiciones siguientes.

PROP. V. Problema.

Trazar y fabricar un caracol sin bóveda.
(*fig.* 78.)

Aunque estas escaleras circulares no sean hermosas, pero su fábrica lleva mucho ingenio y artificio. Este modo primero de fabricarlas no es el mas ingenioso, por carecer de la bóveda espiral de que tratarémos luego. Sea pues el círculo ABGA el cóncavo del caracol, y el otro círculo exterior su convexô: tenga la circunferencia interior ó cóncava 44 pies, y por consiguiente el diámetro AN tendrá 14 pies: lábrese pues la piedra IFDK que tenga de I á E cinco pies, de E á F un pie, y de E á N ú de N á C otro pie, y de grueso medio pie; y que los lados FI, DK vayan al centro L, desde el qual se descrbirá en ella el arco EC, señalando juntamente la línea MN. Lábrense en esta forma 44 piedras, y estas serán las bastantes para que el caracol dé una vuelta, cuidando de señalar en todas el arco EC, y la línea MN, porque son necesarias.

El



Estampa 17. Tom. 5.
fol. 244.
72.
73.
74.
75.
76.
77.
78.
H. Ricarte fec.

El asentarlas es muy fácil. Póngase la primera piedra en el suelo de modo, que la porcion EFCD entre en el muro, que se puede ir fabricando juntamente. La segunda piedra se pondrá sobre la primera de suerte, que su borde cayga sobre la línea MN de la primera, y así hasta el fin: con lo qual tendrán los escalones en CN de ancho un pie; y en medio quedará vacio el círculo PQMO de dos pies de diámetro. Y como los 44 escalones que componen una vuelta, tengan de alto medio pie, ocuparán 22 pies; y quitando medio pie del primer escalon, habrá entre una vuelta y otra 21 pies y medio, altura bastante para que esta escalera sea magestuosa. La firmeza de estas escaleras consiste en lo que entran las piedras en el muro, y en que las unas sirvan de lecho, en que descansen las otras; pero freqüentemente para su mayor estabilidad se fabrica de suerte, que extendiéndose cada piedra á formar un círculo igual al OPQM, vienen á formar un pilar en medio.

PROP. VI. Problema.

Trazar un caracol circular, que suba formando bóveda espiral, y suspensa por la parte interior en el ayre. (*fig.* 79. *y* 80.)

La formacion de esta escalera, y la causa de su firmeza, se colige de lo dicho en las tres proposiciones primeras de este libro; pues solo se distingue de la bóveda descrita en la *prop.* 2, en que aquella corre en igual distancia al horizonte, y esta sube formando rosca ó espira. Tienen no poca dificultad los cortes de sus piedras, y su delineacion es como se sigue.

Sea el quadrante ABC planta de la quarta parte del cilindro cóncavo por donde ha de subir el caracol: descríbase sobre la CA la porcion AD de un arco rebaxado ú de medio punto, segun le pareciere mas proporcionado al Arquitecto. Tírese la perpendicular D7; y C7 será el semidiámetro del vacío que ha de quedar en medio. Divídase el sobredicho arco en sus dovelas iguales, y tíren-

se

se los perpendículos á la 7A del modo ordinario: luego del centro C, por las divisiones de la 7A, descríbanse quadrantes de círculo, que serán los vestigios horizontales de los órdenes de las piedras. Sean AG, GH los espacios que ocupan dos escalones, cuya altura sea la línea K. Tírense últimamente las cuerdas AH, KL, &c. y con esto se pasará á trazar las plantillas, como se sigue.

1 Las frentes de las piedras ó paramentos tienen sus plantillas en el arco AD. Para trazar las otras plantillas, es menester hacer primero para cada piedra una preparacion del modo siguiente.

2 Para la piedra AF se tirará en el *num.* 2. la recta HA igual á la HA del *num.* 1. y en ella se notará la ON igual á la ON del *num.* 1. de suerte, que los excesos NA, OH queden iguales: señálense estas dos líneas en una misma, por estar en la obra en un mismo plano: levántense las perpendiculares AQ, NR iguales á la línea K, altura de la grada, y tírense los lados inclinados HQ, OR. Tómese del *num.* 1. la perpendicular PF, y póngase en el *num.* 2. sobre la ON perpendicularmente de qualquiera punto E, y será la EP: hágase la MP paralela á HA, é igual á la MP del *num.* 1. levántese la P8 perpendicular á MP, é igual á la línea K: júntese la recta M8, y tírese á ella la perpendicular R5: tírese la paralela LK igual á su correspondiente en el *num.* 1. y distante de la HA, toda la NK igual á la KX del *num.* 1. hágase la perpendicular K9 igual á la altura K de la grada: tírese el lado inclinado L9, y esta será la preparacion para la primera piedra.

3 Para la segunda piedra F5 se tirará aparte en el *num.* 3. la MP igual á la del *num.* 1. y sobre ella, en distancia de la VX igual á la del *num.* 1. se tirará la paralela LK igual tambien á su correspondiente: luego se tirará la 2 3 igual á la 2 3 del *num.* 1. y distante de la MP, quanto es la EE igual á la TN del *num.* 1. Ultimamente tírese la paralela ZY igual á la ZY su correspondiente en el *num.* 1. distante de la MP, quanto es la 9 5 del *num.* 1. levántese al cabo de cada

da una de estas quatro líneas una recta perpendicular igual á la línea K, y tirando como ántes los lados inclinados, quedará hecha la preparacion para la segunda piedra.

4 Para la tercera piedra D5 se tirará en el *num.* 4. la línea 3 2 igual á su correspondiente *num.* 1. y se hará la paralela 8 7 igual á la 8 7 del *num.* 1. y distante de la 3 2, quanto es la 3D del *num.* 1. luego se hará la otra paralela ZY igual á su correspondiente, y distante de la 3 2, segun la 4 5 del *num.* 1. póngase á cada una de las tres líneas de las perpendiculares iguales á K, y tírense los lados inclinados, formando los triángulos que se vén en el *num.* 4.

Hechas estas preparaciones se trazarán las plantillas en esta forma, y empecemos por la piedra FA. La plantilla para el lecho de NA se formará tirando en el *num.* 5. la HQ igual á la del *num.* 2. y levantando en medio la perpendicular dg igual á la gd del *num.* 1. se tirará la OR igual á la del *num.* 2. cuidando sean gR, gO iguales, y el trapezio OQ será la plantilla del lecho NA, que no será llana, sí algo garceada, como lo indica el cortarse las HQ, OR del *num.* 2.

De la misma manera se hará la plantilla para la concavidad FN, tirando en el *num.* 6. la recta OR igual á la del *num.* 2. y levantando la perpendicular R5 igual á la del *num.* 2. y haciendo la 5M y 5 8, que sean una paralela á la OR, é iguales á las del mismo *num.* 2. quedará hecha la plantilla.

La del lecho de FX se hará como la plantilla para el lecho NA, tirando paralelas las líneas M8, L9 del *num.* 2. distantes entre sí, quanto distan las del lecho del *num.* 5. De esta misma suerte se harán las plantillas para las demas piedras, usando de sus preparaciones propias, esto es, para la piedra F5 se tomarán los lados del *num.* 3. y para la siguiente, del *num.* 4.

Para tornear las piedras, así las que forman el vacío ú ojo del caracol, como lo que termina en la pared, se cortarán las cerchas como se sigue.

Véase la *figura* 80. en la qual el semicírculo A7B es lo

lo cóncavo que forman las paredes que contienen el caracol; y el semicírculo IHP es el que forma el ojo ó vacío: las líneas CL, EM, &c. son la planta de los escalones. De los puntos I, L, M, &c. levántense perpendiculares á la AB indefinidas, y en ellas se señalará la altura de los escalones en esta forma: La 3 6 será igual á la altura de un escalon: en 5 8 se pondrán dos alturas: en 7X tres, y así consecutivamente: y guiando una línea curva por los puntos 9, 6, 8, &c. servirá para cortar la cercha, que ha de servir para moldear las piedras por la parte que forman el ojo, como luego verémos.

Asimismo de los puntos A, C, E, &c. se levantarán perpendiculares, y tomando en la que sube de B la SR igual á la altura de un escalon, y en la siguiente la altura de dos, y en la tercera hasta G la misma altura, se continuará un cierto perfil de los escalones, como se vé en la figura: determínese despues la GI igual á lo que dista lo cóncavo de la bóveda junto á la pared de los escalones, y esta distancia se pondrá en Q y X y en todas las demas perpendiculares; y guiando por los puntos señalados la curva ZIX, servirá para cortar la cercha, que ha de servir para moldear las piedras por donde unen con la pared.

El modo de cortar estas cerchas es fácil, porque dándole á la madera la misma periferia FD, ó cavándola, segun ella, horizontalmente se le dará en el cabo F la altura igual á I I, y en el otro la de 4 4, y aserrándola segun la línea I4 quedará formada la cercha. De la misma manera se formarán las de la concavidad del ojo, dándoles la curvatura horizontal propia de este, como la NO; y levantando en sus extremidades las perpendiculares 5 8 y 3 6, y cortando segun la 8 6.

Adviértase lo 1, *que para mayor firmeza de la obra convendrá mucho que las juntas de unas piedras vengan en medio de las otras piedras, como en otras ocasiones se ha advertido.* 2. *Cuídese que el primer órden de piedras, que asienta sobre el suelo, esté firme de suerte, que no puedan ellas retroceder, y que el último de arriba se refirme contra la pared con un arco ó bó-*

bóveda, porque de otra suerte, quedando por aquella parte sin arrimo, correria algun riesgo.

Así como en el caracol que se ha delineado es la planta circular, puede ser oval ó elíptica; puede tambien el caracol circular ó elíptico formarse dentro de un paralelepípedo, así como los sobredichos se encierran en un cilindro; y porque las operaciones son las mismas, y se executan con el mismo órden y reglas arriba dichas, no me detengo mas en este punto.

PROP. VII. Problema.

Fabricar una escalera quadrada con vueltas á nivel, suspensa por la parte interior en el ayre.
(*fig.* 81.)

Sea el quadrado ABCD el ámbito interior de las paredes donde se ha de fabricar la escalera; y determinada su amplitud AL, segun la *propos.* 4, se notarán en los quatro ángulos las distancias ID, DM, &c. iguales á AL, y tirando las paralelas quedará formada la planta, en quien los quadrados AE, DF, BH, GC son las plantas de los descansos ó mesas; y los quadrilongos EI, &c. son las plantas horizontales de los vuelos; y el quadrado HF será el vacío de la escalera: y porque en cada vuelo ha de haber, por exemplo, siete escalones, cada uno de medio pie de alto, se tirará la LK, en derechura de EL, de tres pies y medio, que es la altura de todos juntos. Tírese la KI, que representará la inclinacion de los grados; y la línea NK paralela á AL, que será el lado del descanso: determínese la KO crasicie de las piedras, y tírense las paralelas á las NK, KI. Hecho esto, escójase qualquiera centro V: divídanse las NK, KI arbitrariamente en sus piedras, y de las divisiones tírense las juntas al centro V, y quedará trazada la vuelta y ramo de la escalera, cuya firmeza proviene de ser NKI como un arco á nivel ó adintelado.

De la misma suerte se formará el otro ramo, cuya planta es QH, que empezará á mover de sobre la NK cor-

correspondiente á su vestigio ó planta QE. Las plantillas para los paramentos se vén formadas en PKOI, las demas se harán fácilmente por las reglas dadas en el *lib.* 2 *propos.* 6 de los arcos á nivel, que por ser cosa fácil, no repito; pero se ha de advertir lo primero, que en KO no ha de haber junta, sí que unas mismas piedras han de ser comunes al ramo y al descanso. Lo segundo, que las paredes han de ser bien firmes y de competente crasicie, por ser grande el empujo de estas vueltas. Y lo tercero, que las piedras extremas, como TP y RS, han de entrar en la pared, para lo qual se formarán en ella los salmeres ó ensarchados que se vén en la figura.

Tambien se le puede dar curvatura al arco ó ramo KOKS, como verémos en la prop. siguiente, donde describirémos otro modo de escalera mucho mejor que el sobredicho.

PROP. VIII. Problema.

Formar una escalera como la sobredicha con vueltas que formen arista. (*fig.* 82.)

El siguiente modo de formar semejantes escaleras es el mas freqüente, y aunque sus cortes sean mas dificultosos, pero es mucho mayor su magestad y hermosura, y aun mayor la seguridad de su fábrica.

Sea pues el quadrado ABCD su planta, que se dispondrá como la precedente. Sea RS de tres pies y medio, que es la altura de siete gradas de á medio pie; y con esto, por ser quatro los ramos, distará el uno del otro que le corresponde encima, lo bastante para desahogo de la escalera. Del punto C como centro, ú otro elegido á prudencia del Arquitecto, con la distancia CS, descríbase el arco PSN y otro IO, distante un palmo ó un pie del sobredicho; y quedará formado un vuelo de la escalera, que se dividirá en sus piedras, encaminando las juntas al centro C: luego se describirá el arco MS, que de tal suerte toque en S, que aunque prosiguiese, no cortase al arco SN, el qual se dividirá en las partes que pareciere en 1 y 2. Tírense los perpendículos de dichas divisiones á la

AR,

AR, continuándolos hasta la diagonal AE, de donde se tirarán las 3 3, 4 4 paralelas á TE; y asimismo tírense los perpendículos de las divisiones del arco SZ á la RX, prolongándolas hasta la EF; y quedará formada la planta y perfil de un vuelo de la escalera, de donde se podrán sacar las plantillas para labrar las piedras, como se sigue.

1 Las de los paramentos están ya hechas en el perfil IPNO. Para trazar las demas se ha de suponer, que esta vuelta suele ser embocinada; esto es, por la parte correspondiente á la EF tiene mayor altura sobre la dicha línea, que tiene el arco PSZ sobre la ARX; con que las juntas, cuyas icnografías son 6, 7, 9, 10, &c. han de ser algo mayores que estas, por ser inclinadas: con que primero será menester sacar estos lados inclinados en la forma siguiente.

2 Tírese aparte en el *num.* 2. la línea 6 7 igual á la 6 7 del *num.* 1. levántese la perpendicular 6 5 igual á la del *num.* 1. y la 7Q igual á la altura, que segun voluntad del Artífice ha de tener la vuelta por el lado correspondiente sobre la EF; y la Q5 será el lado inclinado, y así de las demas.

3 Para formar las plantillas de los lechos se obrará así. Sirva de exemplo el que corresponde á la junta 5X: tírese aparte en el *num.* 3. la 5X igual á la sobredicha: hágase el ángulo Q5X igual al ángulo Q5 6 del *num.* 2. y haciendo la Q5 igual al lado inclinado Q5 de dicho *num.* 2. y tirando la XM igual y paralela á la 5Q, el quadrilátero QX será la plantilla de aquel lecho: y porque se acostumbra dar tambien curvatura á la concavidad de esta vuelta á prudencia del Artífice, formando como pechina, se les dará á los lados Q5, MX la dicha curvatura con una cercha, como se vé en el *num.* 3.

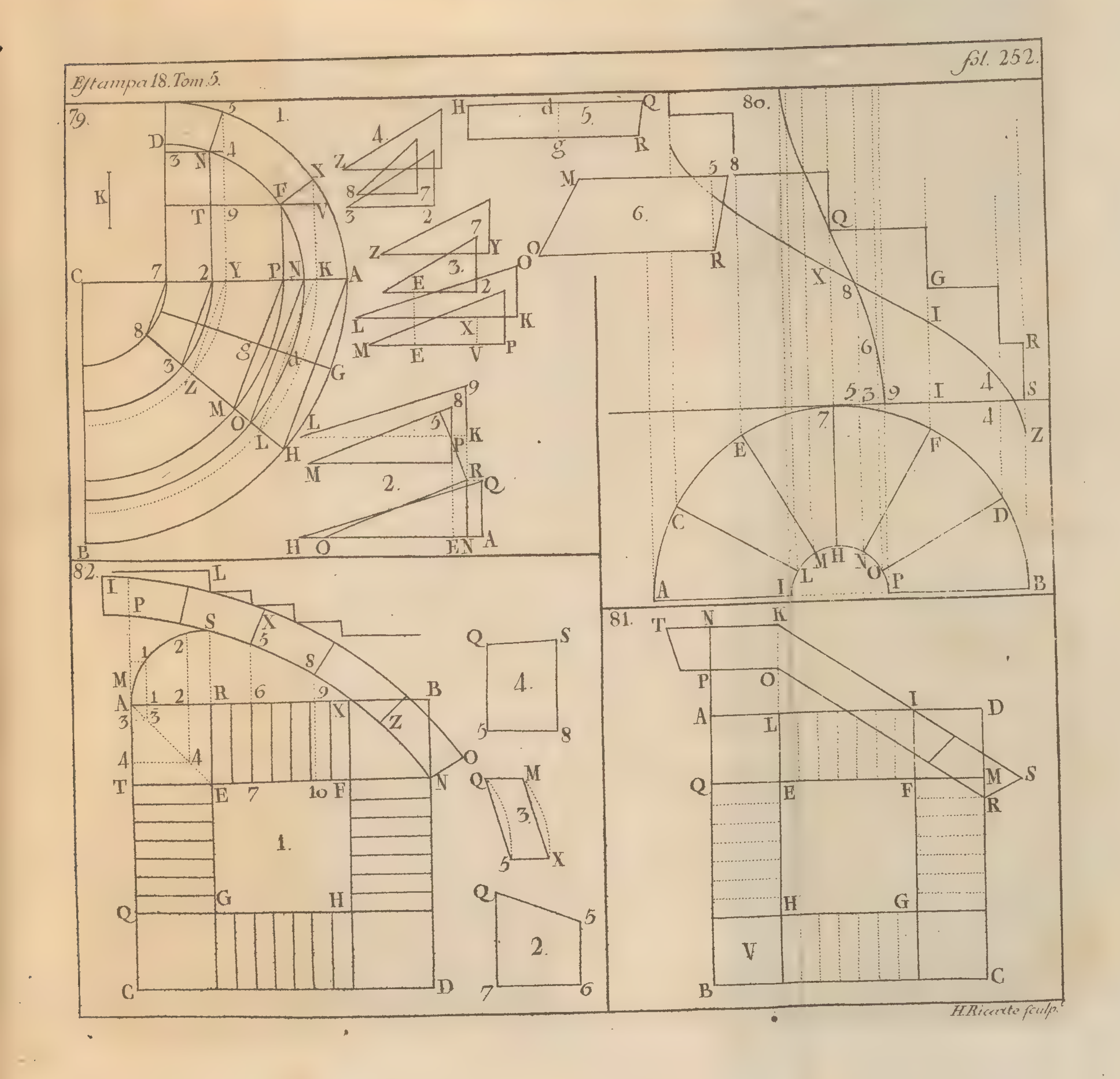
4 Para hacer las plantillas de las concavidades se obrará en esta forma. Pídese la de la concavidad 5 8: tírese aparte en el *num.* 4. la 5 8 igual á la sobredicha subtensa del *num.* 1. levántese la perpendicular 5Q igual al lado inclinado 5Q del *num.* 2. y la paralela 8S igual al lado inclinado su correspondiente, que se supone hallado en la

mis-

misma forma que se halló el Q5 ; y tirando la QS, quedará hecha la plantilla ; advirtiendo, que á la piedra se le ha de dar despues la curvatura, aplicando al lado 5 8 una cercha ajustada a la curvatura 5 8 del *num.* 1. y á los lados 5Q, 8S otra cercha igual á la curvatura 5Q del *num.* 2. y así de las demas piedras.

5 Solo falta explicar el modo de trazar las plantillas para las piedras que componen la porcion MS con su arista, cuyas icnografías están en el quadrado TR, las quales se harán con las mismas reglas que se diéron en la *prop.* 4 *lib* 4 para las vueltas por arista: advirtiendo, que en lo correspondiente al triángulo ARE se guarda la montea y curvatura AS ; pero en la que corresponde al triángulo ATE se observa la montea NZS, por empezar el segundo vuelo de la escalera á mover en correspondencia sobre la TE con la dicha curvatura NZS, que corriendo por sobre el paralelógramo TG, forma el otro descanso sobre el quadrado CG: y por quedar esto bastantemente explicado en la proposicion citada, no me detengo mas en ello, poniendo aquí el fin de este tratado.

IN-


79.
80.
81.
82.
H. Ricarte sculp.

INDICE

DE LOS TRATADOS, LIBROS, CAPITULOS Y PROPOSICIONES

QUE SE CONTIENEN EN ESTE TOMO.

TRATADO XIV.

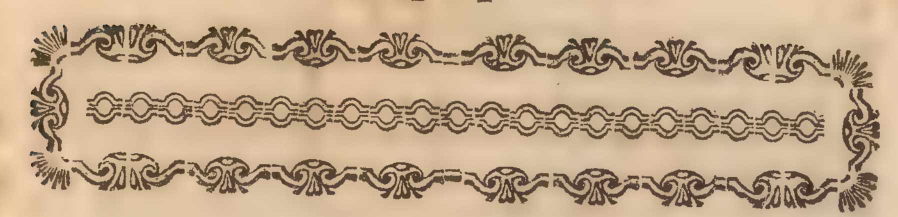
Prop.

Prop.

TRATADO XV.

gra-





TRATADO XXVI.

DE LA GNOMÓNICA, Ú DE LA TEÓRICA Y PRÁCTICA DE LOS RELOXES DE SOL.



MAnifiéstase nuevamente en este tratado la excelencia de la Matemática, pues con maravilloso artificio, sin mas índice que la sombra fugitiva de un palo ó gnomon, demuestra en la tierra quanto la especulacion astronómica procura investigar en el Cielo. Ni puede, dice Vitruvio, dexar de motivar grande admiracion, el ver que con diferentes líneas, ya rectas, ya curvas, ya circulares, ya cónicas, se expresen tan al vivo en qualquiera plano las muchas que el Sol camina por su dilatada esfera: dando de esta suerte á conocer en qualquier clima varios géneros de horas: el aumento y diminucion de los dias: el signo y punto que en su Eclíptica tiene el Sol: el vertical y paralelo en que se halla á qualquiera hora: la casa del Cielo que ocupa: el signo que asciende por el Oriente, ó desciende por el Ocaso, y otras maravillas semejantes, que se verán en este tratado, que va dividido en seis libros. El primero, será proemial, en que se con-

contienen los principios generales de la Gnomónica : el segundo, enseñará la descripcion de los Reloxes astronómicos de Sol : el tercero, la colocacion de los círculos celestes máxîmos y menores en dichos Reloxes : el quarto, será de varias formas de Reloxes : el quinto, contendrá la fábrica de los Reloxes portátiles : y el sexto, la de los Reloxes de reflexîon y refraccion, y otros mas extraños.



LIBRO I.

ISAGÓGICO Y PROEMIAL,

EN QUE SE CONTIENEN LOS PRINCIPIOS GENERALES DE LA GNOMÓNICA.

CAPITULO I.

DE ALGUNAS OPERACIONES GEOMÉTRICAS, que conducen para la fábrica de los Reloxes Solares.

Aunque en el tratado de la Geometría Práctica quedan bastantemente explicadas y demonstradas estas y otras muchas operaciones geométricas ; pero para excusar el trabajo de buscarlas en el lugar citado, me ha parecido recoger aquí las mas precisas para el intento, y son las siguientes.

PROP. I. Problema.

Por dos puntos poco distantes entre sí tirar una línea recta. (fig. 1.)

Muchas veces se ofrece haber de tirar una línea recta por dos puntos, que distan muy poco entre sí, como A y

y B; ó haber de alargar una línea muy corta, como AB, lo que está muy expuesto á error si se hace solamente aplicando la regla á dichos puntos ó línea: para asegurar pues el acierto se obrará como se sigue.

Operacion. Tómese qualquiera abertura de compas mayor que la mitad de la distancia AB; y desde A y B, como centros, háganse á una y otra parte unos arcos, que se cruzan en O y Q; y de estos puntos, con qualquiera otra abertura mayor, háganse los arcos que se cruzan en Z; y aplicando la regla á los puntos A, B, Z, se tirará con seguridad la línea: si esta se hubiese aun de continuar, se haria otra vez con los puntos A y Z la misma operacion que se hizo con los A y B.

PROP. II. Problema.

Tirar una línea perpendicular á otra por un punto dado.

Caso 1. Quando el punto dado D, (*fig.* 2.) está en la misma línea dada AB. *Operacion.* Póngase el pie del compas en el punto dado D, y con el otro con qualquiera abertura háganse los cortes E, F: de los quales, con otra abertura mayor, háganse á una y otra parte las decusaciones X, Z, aunque bastaria una sola; y tirando la línea XZ, será la perpendicular que se pide.

Caso 2. Quando el punto dado D, (*fig.* 3.) es el cabo mismo de la línea, ó muy cerca de él. *Operacion.* Póngase el un pie del compas en qualquiera punto H fuera de la línea AB, y sobre ella extiéndase el otro hasta el punto D, y con esta abertura háganse los arcos B y E; y del punto B, en que este arco corta á la línea, tírese por el punto H la BHE; y del punto E, en que corta al arco, tírese la ED, y será la perpendicular que se desea.

Caso 3. Quando el punto dado D, (*fig.* 4.) está sobre la línea dada AB. *Operacion.* Puesto el un pie del compas en el punto dado D, se abrirá el otro hasta que pueda cortar la línea en los dos puntos A y B: de los

quales con la misma ó mayor abertura se hará la decusacion Z, y tirando la DZ será la perpendicular.

Caso 4. Quando el punto dado D, (*fig.* 5.) está fuera de la recta AB, pero corresponde cerca de su extremidad. *Operacion.* Tírese por el punto dado D qualquiera línea recta, que corte la AB en un punto, como B; divídase dicha recta por medio en H: póngase el un pie del compas en H, y extiéndase el otro hasta D ó B, y hágase el arco A. Tírese la DA, y será la perpendicular.

PROP. III. Problema.

Hacer un ángulo igual á otro ángulo dado. (*fig.* 6.)

Pídese se haga un ángulo igual al ABC. *Operacion.* Del punto B, con qualquiera abertura, hágase el arco CA; y con la misma abertura desde el punto E hágase un arco DF. Tómese con el compas el arco CA, y pásese de D á F. Tírense las ED, EF, y el ángulo FED será igual al ABC.

PROP. IV. Problema.

Por un punto dado sobre ó baxo de la línea AB, tirar una paralela. (*fig.* 7.)

Operacion. Póngase el pie del compas en el punto dado D, y el otro extiéndase hasta la recta AB, de suerte, que el arco A toque en la sobredicha línea: luego con la misma abertura, puesto el compas en qualquiera punto B de la línea AB, hágase un otro arco E: tírese por el punto D la tangente DE del arco E, y será la paralela que se pide.

De otro modo. (*fig.* 8.) Tírese por el punto dado D qualquiera recta DB, que corte la AB en un punto B: hágase (3.) el ángulo ODP igual al ángulo ABD; y la recta DE será la paralela.

PROP.

PROP. V. Problema.

Hallar el centro de un arco de círculo ó describirle por tres puntos dados, que no estén en línea recta. (*fig.* 9.)

Operacion. En el arco dado señálense qualesquiera tres puntos A, B y C; y desde A y B, como centros, háganse con qualquiera intervalo las decusaciones R y P, y tírese la recta PR: asimismo haciendo centro en B y C, háganse las decusaciones Q y S; y tírese la recta QS, que cortará á la recta RP; y el punto Z en que la corta, será el centro que se busca. De esta misma suerte se tirará el arco CBA por los tres puntos dados C, B, A, como es bien claro.

PROP. VI. Problema.

Dividir un círculo en 360 grados. (*fig.* 10.)

Operacion. Tírese el diámetro AB de la magnitud que se quisiere; divídase por medio en Z; y de este punto, como centro, con el intervalo ZB descríbase el círculo: de los puntos A y B, con otro intervalo mayor, háganse los arcos, que se cruzan en O: por este punto, y por el centro Z tírese la recta DC, y quedará dividido el círculo en quatro quadrantes, cada uno de los quales consta de 90 grados. Divídase pues el quadrante BC primero en tres partes iguales; y cada una de estas en otras tres: con que se habrá dividido el quadrante en 9 partes iguales. Divídase cada una de estas en 10 partes iguales, y quedará dividido el quadrante en 90 grados. De la misma manera se dividirán los demas.

De esta suerte se tendrá bien graduado un semicírculo ó quadrante descrito sobre un carton ó plancha, tirando líneas rectas de su centro á cada 10 ó á cada 5 grados, cuyo uso será de grande utilidad, como luego verémos.

PROP.

PROP. VII. Problema.

Conocer de quántos grados sea un ángulo dado. (*fig.* 11.)

Quiérese saber de quántos grados consta el ángulo ADC. *Operacion.* Hecho centro en D, hágase el arco AC; y con la misma abertura hágase en el quadrante graduado sobre el carton otro arco PQ. (*fig.* 10.) Tómese con el compas el arco AC; y pasándole á la periferia que se describió en el quadrante de P á Q, se verá allí quántos grados comprehende, y de tantos se dirá constar el ángulo dado ADC.

PROP. VIII. Problema.

Hacer un ángulo de qualquiera número de grados. (*fig.* 11.)

Pídese se haga un ángulo de 50 grados. *Operacion.* Tirada la línea AD, hecho centro en D, descríbase á discrecion el arco AC; y otro con la misma abertura en el quadrante portátil, de la *fig.* 10. Tómense de este 50 grados, y pasándoles de A á C, se tirará la recta DC, y el ángulo ADC constará de 50 grados.

Bastan para ahora estas prácticas; si acaso se ofrecieren otras, se explicarán en el lugar donde ocurrieren.

CAPITULO II.

DE ALGUNOS PRINCIPIOS DE LA ESFERA necesarios para la Gnomónica.

IMportará mucho que el estudioso, antes de emprender este tratado, haya visto el *libro* 1 *de la Astronomía*, que trata de la esfera celeste, cuyas noticias son necesarias para la cabal inteligencia de lo que hemos de tratar; y para mayor facilidad resumiré aquí brevemente lo que pareciere ser mas preciso, remitiéndome en lo demas al sobredicho tratado, donde se explicó esta materia con mayor extension.

DE

DEFINICIONES. (*fig.* 12.)

1 *Círculo máxîmo es qualquiera que tiene el mismo centro y diámetro que la esfera ; y la divide en dos partes iguales , llamadas emisferios.*

2 *Polos de un círculo máxîmo son aquellos dos puntos puestos en la superficie de la esfera , que distan igualmente por todas partes de la periferia de dicho círculo , cuyo exe es la línea recta que pasa de un polo al otro.*

3 *Círculos menores son los que dividen la esfera en partes desiguales , y su centro no coincide con el de la esfera : estos tienen los mismos polos y exe del círculo máxîmo , á quien son paralelos.*

4 *Equinoccial es un círculo máxîmo en la esfera, cuyos polos son los mismos polos del mundo , de los quales , el que cae al Norte se llama Artico , y el opuesto Antártico : tiene á entrambas partes los paralelos por donde camina el Sol con su movimiento diurno de Levante á Poniente ; y los mas remotos de estos paralelos , son los Trópicos de Cancro y Capricornio.* En la *figura* 12. la Equinoccial es CD ; sus polos son A, B ; y los Trópicos FG , HE.

5 *Zodíaco es una zona ó faxa que tiene de ancho* 16 *ó* 18 *grados , como FE , por cuyo medio corre el círculo máxîmo , llamado Eclíptica , por suceder allí los Eclipses de Sol y Luna. La Eclíptica , y por consiguiente el Zodíaco , tiene obliqüidad con la Equinoccial , formando con ella un ángulo de* 23 *grados y medio.* El Sol va siempre por la Eclíptica ; pero los demas Planetas que se conocen , ya caminan por un lado de ella , ya por otro; pero siempre dentro de la latitud del Zodíaco. Tiene la Eclíptica quatro puntos cardinales , de los quales , los dos son las intersecciones suyas con la Equinoccial , llamados *Equinoccios* , por hacer en ellos el Sol los dias iguales con las noches : el uno *Vernal* , por empezar allí la Primavera ; y el otro *Autumnal* , por dar principio al Otoño. Los otros dos puntos son los que distan 90 grados de los so-

sobredichos: llámanse *Solsticios*, por parecer detenerse en ellos el Sol; el uno *Estival*, por dar principio al Estío; y el otro *Hyemal*, por empezar allí el Invierno. Divídese el Zodíaco en doce partes iguales, llamadas *Signos*: con que cada uno de ellos consta de 30 grados, sus nombres y caractéres se pueden ver en la *fig.* 13. Como la Eclíptica se desvíe de la Equinoccial 23 grados y medio, se sigue, que sus polos se apartan de los de la Equinoccial ú del mundo 23 grados y medio; y los círculos menores paralelos á la Equinoccial, que pasan por los polos de la Eclíptica, se llaman el uno *Artico*, y el otro *Antártico*.

6 *Meridiano es el círculo máxîmo AZBX, que pasa por los polos del mundo A, B, y por el punto Z del Cielo, que corresponde á nuestras cabezas: este punto se llama Zenith, y su opuesto X, Nadir.*

7 *Horizonte es un círculo máxîmo IK, que divide el emisferio superior del inferior, cuyos polos son el Zenith y Nadir.*

8 *Círculos Almicantares son los paralelos al horizonte, que pasan por los puntos que terminan la altura de las Estrellas, ú de otro punto del Cielo sobre el horizonte.*

9 *Círculos Verticales son los máxîmos, que pasan por el Zenith y Nadir, y por consiguiente son perpendiculares al horizonte.* Llámanse tambien *círculos de altura*, por numerarse en ellos las alturas de los Astros sobre el horizonte. El que pasa por las intersecciones de la Equinoccial con el horizonte se llama *Vertical primario.*

10 *Círculos de declinacion son los máxîmos, que pasan por los polos del mundo, y son perpendiculares á la Equinoccial*: en estos se cuenta la declinacion de los Astros, que no es otro que el arco de este círculo, comprehendido entre dicho Astro y la Equinoccial.

11 *Círculos de latitud son los máxîmos, que pasan por los polos de la Eclíptica, y son perpendiculares á ella*: en estos se numera la latitud de los Astros, que es el arco del círculo sobredicho, contenido entre el Astro y la Eclíptica.

12 *Altura de polo es el arco KA del Meridiano,* com-

comprehendido entre el polo y el horizonte : este es igual á la latitud del lugar, ó á la distancia ZC de la Equinoccial al Zenith. *Altura de la Equinoccial es el arco IC del Meridiano, contenido entre la Equinoccial y el horizonte* : esta es igual al complemento de la altura de polo al quadrante.

13 *Esfera recta es aquella postura del Cielo en que entrambos polos están en el horizonte ; y por consiguiente la Equinoccial pasa por el Zenith, y carece de altura de Polo. Esfera obliqüa es la que tiene altura de Polo ; y obliqüísima ó paralela es la que tiene un Polo del mundo en el Zenith, y otro en el Nadir.*

14 *Círculos horarios son los que dividen el movimiento diurno del Sol ; y por consiguiente el dia en tantas partes, quantas son las horas.* Y porque hay quatro diferencias de horas, son tambien de quatro maneras los sobredichos círculos. La primera especie de horas son las *Astronómicas*, que dividen el dia natural en 24 partes iguales, empezando del mediodía ú de la media noche: sus círculos horarios son los que dividen la Equinoccial ó el movimiento diurno del Sol en 24 partes iguales, y pasan todos por los Polos del mundo. La segunda especie de horas son las *Babilónicas*, que dividen el dia en 24 partes iguales, empezando á numerarse del punto en que sale el Sol : sus círculos horarios son los máxîmos, que dividen la Equinoccial en 24 partes iguales ; pero no pasan por los Polos del mundo, ántes bien todos son tangentes al máxîmo paralelo de los siempre aparentes, y le tocan en aquellos puntos en que el sobredicho paralelo es cortado por los círculos de las horas Astronómicas : el primero de dichos círculos es el Horizonte, cuya parte oriental da principio á la hora primera, y luego se van siguiendo los demas. La tercera especie de horas son las *Italianas*, que son como las Babilónicas, y asimismo sus círculos horarios, solo que se empiezan á contar del Ocaso del Sol. La quarta especie es de las horas que llaman *desiguales* y *Planetarias* : estas dividen el dia artificial, sea grande ó pequeño, en 12 partes iguales, y en otras tantas la noche : de que se sigue, que en el Vera-

rano son larguísimas las horas del dia, y brevísimas las de la noche, y al contrario en el Invierno; pero en los Equinoccios no se distinguen de las horas Astronómicas, como ni de las Italianas y Babilónicas: de que se sigue; que en la esfera recta no caben las sobredichas horas desiguales: sus arcos son los que dividen los arcos diurnos y nocturnos en 12 partes iguales.

PROP. IX. Problema.

Observar la altura de Polo.

La altura de Polo y su noticia es uno de los prerequisitos esenciales para la Gnomónica, por depender de ella la mayor parte de sus operaciones: el modo de observarla queda explicado en el *lib.* 1 *de la Astronomía*, y en el *tratado de la Navegacion*. El modo mas ordinario es, observando en una noche larga la altura de la Estrella circumpolar, las dos veces que esta se halla en el Meridiano, porque restando la menor altura de la mayor, y añadiendo la mitad del residuo á la altura menor, la suma será la altura de Polo. En la siguiente Tabla se contienen las alturas de Polo boreal en que se hallan las Ciudades y Villas mas insignes.

TABLA.

De la altura de Polo que tienen algunas Ciudades y Villas.

	Gr.	Min.
Albarracin	40	52
Alcalá de Henáres	40	28
Alcántara, en Castilla	39	40
Alicante	38	31
Amsterdam	52	22
Ambéres	51	12
Aténas	37	40
Avero, en Portugal	40	39
Aviñon	43	52

Ba-

Badajoz	38	43
Barbastro	41	56
Barcelona	41	26
Bérgamo, en Lombardía	45	43
Bilvao, en Vizcaya	43	34
Bononia	44	30
Braga, en Portugal	41	33
Brusélas	50	48
Búrgos	42	26
Cádiz	36	36
Calahorra	42	18
Caravaca	38	20
Calatayud	41	8
Cerdeña	38	0
Cartagena de España	37	51
Ciudad-Real	39	2
Coimbra	40	11
Compostela, en Galícia	42	56
Constantinopla	43	30
Córdoba	38	0
Cremona	45	1
Cuenca	39	48
Denia	39	12
Elche, en Valencia	38	29
Evora, en Portugal	38	30
Florencia	43	41
Fuente-Rabía	43	46
Génova	44	27
Gerusalen	32	0
Girona	42	0
Granada	37	30
Huesca	42	20
Jaen	38	0
Leon, en España	42	15
Lérida	41	54
Lerma	41	59
Lima, en el Perú	12	20
Lisboa	38	40
Logroño	42	0

Lor-

Lorca	37	48
Madrid	40	27
Málaga	36	37
Mallorca	39	35
Milan	45	16
Mompeller	43	31
Murcia	38	10
México	20	0
Nápoles	41	0
Osma, en Castilla	41	38
Orihuela	37	10
Oviedo	43	5
Palermo	38	10
Pamplona	43	0
Paris	48	52
Plasencia, en Castilla	39	54
Roma	41	54
Salamanca	40	56
Sevilla	37	25
Sicilia	37	0
S. Lucar de Barramada	37	0
Soria	42	0
Tarragona	41	8
Teruel	40	50
Toledo	39	52
Tortosa	40	46
Valencia, en España	39	34
Valladolid	41	42
Venecia	45	18
Vich, en Cataluña	42	3
Zaragoza	41	48
Zaragoza, en Sicilia	36	50
Zamora	42	38

Si el lugar, cuya altura de Polo se desea, no se hallare en la tabla, se tomará de ella el mas próxîmo, y se verá quántas leguas dista del otro hácia el Septentrion y Mediodía; y si el lugar, cuya altura se busca, estuviere mas Septentrional, se añadirá al de la tabla por cada 17 le-

leguas y media un grado; y si estuviere mas meridional se restará, y lo que resultare será su altura de Polo.

PROP. X. Problema.

Hallar el grado de la eclíptica, en que se halla el Sol en qualquier tiempo.

El modo mas preciso es por las tablas Astronómicas ó por las Efemérides; pero si estas no se tuviesen á mano, se hallará por la regla siguiente, que aunque puede tener error de medio grado, es bastante para el presente instituto. Considérense los dos versos siguientes.

Inclyta laus justis impenditur haeresis horret.
Garrula grex, gratus, faustos gratatur honores.

En ellos hay doce dicciones, correspondientes á los 12 meses del año: la primera á Enero, la segunda á Febrero, &c. Ahora se ha de suponer, que el Sol entra en Ariete el mes de Marzo; en el mes de Abril entra en Tauro; y así de los demas meses y signos por su órden. Esto supuesto, para saber en qué dia de qualquier mes entra en su Signo, tómese en los versos sobredichos la diccion correspondiente al mes, y véase qué lugar tiene su primera letra en el Abecedario; y quitando del num. 30 tantas unidades como hay en el número de dicho lugar, el residuo será el dia de aquel mes en que el Sol entra en su signo. *Exemplo.* El Sol entra en Escorpion en Octubre, cuya diccion es *faustos*, cuya primera letra F es la sexta en el Abecedario: quítense pues 6 de 30, y quedarán 24, y se sabrá, que á 24 de Octubre entra el Sol en Escorpion: y así de los demas.

Para saber ahora en qué grado se halla el Sol qualquiera dia, se añadirán á este dia tantas unidades como hay en el lugar del Abecedario que tiene la primera letra de su diccion: si este número que resulta fuere mayor que 30, se quitarán 30, y el residuo serán los grados del signo propio de aquel mes en que se halla el Sol aquel dia: si fuere menor que 30 será el número de grados en que se halla el Sol, pero del Signo precedente; y si fuere justamente 30,

será el dia del ingreso del Sol en aquel Signo. *Exemplo* 1. Pídese en qué grado se halla el Sol, el dia 2 de Julio. Acudo á los versos puestos arriba, y veo que la diccion correspondiente á Julio es *Garrula*, cuya primer letra G es la séptima en el Alfabeto: añado pues 7 á 2, y la suma 9 denota estar el Sol en 9 grados del Signo de Cáncer, que es el del mes precedente. *Exemplo* 2. Pídese en qué grado esté el Sol en 25 de Diciembre. La diccion de este mes es *Honores*, cuya letra primera H es la octava en el Alfabeto: añadiendo 8 á 25 resultan 33, quitando 30 quedan 3. Digo pues, que dicho dia está el Sol en 3 grados de Capricornio, signo propio de Diciembre. Solo es menester advertir, que si el año fuere bisiesto, en pasando el dia de S. Matías Apóstol, se ha de añadir un grado mas al que se hubiere hallado con el sobredicho artificio.

PROP. XI. Problema.

Hallar la altura del Sol.

El modo de observar la altura del Sol se dixo en el Tratado de la *Esfera Celeste*, y este es bien fácil, pues solo con levantar un quadrante de círculo, hasta que el rayo del Sol pase por sus dos pínulas, el plomo pendiente de su centro señala los grados de la altura en la periferia: véase el lugar citado. El modo de investigar la altura del Sol en qualquiera punto de la Eclíptica por Trigonometría, se dirá en la *propos.* 8 del *lib.* 5, donde tambien se hallarán las tablas que contienen las alturas del Sol al principio de los signos en todas las horas del dia, las quales sirven para las alturas de Polo de 36 hasta 44 grados.

PROP. XII. Problema.

Hallar la declinacion del Sol.

Hállase por observacion, como dixe en la Astronomía y en la Náutica, en la forma siguiente: Obsérvese al punto de Mediodía con un quadrante la altura del Sol;

(11.) y si el Sol estuviere en los signos boreales, Aries, Tauro, Géminis, Cáncer, Leon y Virgo, réstese de la altura del Sol hallada la altura de la Equinoccial; ó al contrario, si estuviere en los signos australes, Libra, Escorpion, Sagitario, Capricornio, Aquario y Píscis, réstese la altura del Sol hallada de la altura de la Equinoccial; y lo que resultare de la suma, será la declinacion del Sol.

Exemplo. Quiérese saber la declinacion del Sol en el principio de Cáncer, que es á 22 de Junio: observo la altura del Sol, y hallo ser 73 grados y 56 min. La altura del Equador en Valencia, es 50 grados 26 min. y por estar el Sol en signo boreal, resto esta altura de aquella, y el residuo 23 grados 30 min. es la declinacion del Sol que se pretende: pero si quiero saber la declinacion del Sol, quando está en el principio de Capricornio, que es á 22 de Diciembre, observo la altura meridiana del Sol, y hallo ser 26 grad. 56 min. y restando esta altura de 50 grad. 26 min. que es la de la Equinoccial, el residuo 23 y 30 da la declinacion del Sol.

En la siguiente Tabla se hallará fácilmente la declinacion del Sol en qualquiera grado de la Eclíptica, como se sigue: hállese (10.) el grado de la Eclíptica en que se halla el Sol, y búsquese este grado en la primera coluna, si el Sol se hallare en los signos que hay en lo superior de la Tabla: ó en la última coluna, si se hallare en los signos inferiores; y al lado de este grado se hallarán los grados y minutos de declinacion en la coluna propia de aquel signo. *Exemplo.* Quiero saber en 15 de Abril quál sea la declinacion del Sol, y hallo lo primero, (10.) que el Sol ese dia está en 24 grados de Aries. Busco pues en la primera coluna los 24 grados; y en seguida, debaxo del sobredicho signo hallo ser la declinacion 9 grados 20 min. y así de los demas.

TA-

TABLA de la Declinacion del Sol en todos los gr. de la Eclípt.

	Aries. Libr.		Taur. Escorp.		Gem. Sagit.		
	G.	M.	G.	M.	G.	M.	
0	0	0	11	30	20	12	30
1	0	24	11	51	20	24	29
2	0	48	12	12	20	37	28
3	1	12	12	32	20	49	27
4	1	36	12	53	21	0	26
5	2	0	13	13	21	11	25
6	2	24	13	33	21	21	24
7	2	48	13	53	21	32	23
8	3	11	14	12	21	42	22
9	3	35	14	32	21	51	21
10	3	58	14	51	22	0	20
11	4	22	15	9	22	8	19
12	4	45	15	28	22	17	18
13	5	9	15	47	22	25	17
14	5	32	16	5	22	32	16
15	5	55	16	22	22	39	15
16	6	18	16	40	22	46	14
17	6	41	16	57	22	52	13
18	7	4	17	14	22	57	12
19	7	27	17	31	23	2	11
20	7	50	17	47	23	7	10
21	8	13	18	3	23	11	9
22	8	35	18	18	23	15	8
23	8	58	18	34	23	18	7
24	9	20	18	49	23	21	6
25	9	42	19	3	23	24	5
26	10	4	19	18	23	26	4
27	10	26	19	32	23	28	3
28	10	47	19	46	23	29	2
29	11	9	19	59	23	30	1
30	11	30	20	12	23	30	0
	Píscis. Virgo.		Aquar. Leon.		Capric. Can.		

PROP.

PROP. XIII. Teorema.

La tierra está en el centro del movimiento diurno de los astros, y es como un punto respecto del Cielo.

Dixe que la tierra está en el centro del movimiento diurno de los Astros, por ser cierto no estar en el centro del movimiento anuo del Sol, ni en el del movimiento propio de los demas Planetas, por explicarse este muy bien por Orbes excéntricos, como se vió en la Astronomía: pero la propuesta, consta de lo dicho en el *trat.* 24, y la experiencia quotidiana nos la manifiesta bastantemente. Asimismo, que la tierra sea como un punto respecto del Cielo, queda ya probado en la Geografía; porque si bien el semidiámetro de la tierra tiene razon sensible con el del Cielo de la Luna; pero respecto del Cielo del Sol es ya casi imperceptible, y con el de las Estrellas fixas es ninguna. Por lo qual considerarémos en este tratado la tierra como un grano de arena colocado en el centro de las circunvoluciones diurnas de los Astros.

CAPITULO III.

DE LOS PRINCIPIOS FUNDAMENTALES de la Gnomónica.

DEFINICIONES.

1 *Reloxes Solares son los que expuestos al Sol señalan las horas*: y porque el índice que las señala, es la sombra de un palo, se llaman *Scioterícos*; y el palo ó cuerpo que causa dicha sombra, se llama *Radio* ó *Gnomon*.

2 Por quanto el rayo del Sol, que señala en el Relox las horas, puede ser directo, reflexo ó refracto, hay tres especies de Reloxes: es á saber, *Directos*, en que el rayo del Sol que las demuestra es directo; *Reflexos* ó *Anacámpticos*, en que el rayo que las indica es reflexo; y

Refractos ó *Anaclásticos*, en que el rayo que las señala es refracto.

3 *Plano del Relox es aquella superficie en que se describe el Relox*: este plano es siempre paralelo á algun plano de círculo máxîmo de la esfera; y por consiguiente se originan de aquí varias especies de Reloxes solares, que se denominan de aquel círculo máxîmo, á cuyo plano equidistan: los principales son los siguientes.

4 *Relox horizontal es el que se describe en un plano paralelo al horizonte.*

5 *Relox vertical en comun es el que se delinea en un plano paralelo á qualquiera círculo vertical*, como son todos los que se hacen en las paredes perpendiculares al suelo: estos pueden ser con declinacion ó sin ella.

6 *Relox vertical sin declinacion es el que equidista al vertical primario*; esto es, al vertical que pasa por los puntos del verdadero Oriente y Ocaso, que son las intersecciones de la Equinoccial con el Horizonte. En este plano se pueden describir dos Reloxes; el uno en la superficie que mira al Mediodía; y el otro en la que cae al Septentrion.

7 *Relox vertical con declinacion es el que se describe en un plano paralelo á otro qualquiera círculo vertical distinto del primario*: y el ángulo agudo (que hace el vertical á quien equidista el plano del Relox) con el vertical primario, es la declinacion de dicho plano: á este ángulo es igual el que forma el Meridiano particular del plano declinante con el Meridiano propio del lugar donde se describe el Relox, y es perpendicular al vertical primario.

8 *Relox Meridiano es el que se hace en un plano paralelo al círculo Meridiano*; y porque este plano tiene dos superficies, la una, que directamente mira al Oriente, y la otra al Ocaso, se pueden allí describir dos Reloxes: el que mira al Oriente, se llama *Relox Meridiano Oriental*; y el otro, *Meridiano Occidental.*

9 *Relox inclinado al Horizonte es el descrito en un plano inclinado al Horizonte*; y el ángulo agudo que forma este plano con el Horizonte, será su inclinacion: de

estos

estos hay varias especies, las principales son las siguientes.

10 *Relox polar es el descrito en un plano equidistante al círculo máxîmo, que pasa por los polos del mundo, y por los puntos del verdadero Orto y Ocaso*: el que se describe en la superficie superior, se llama *Polar superior*; y el que en la opuesta, *inferior*.

11 *Relox Equinoccial es el que se describe en un plano paralelo á la Equinoccial*: tambien hay dos, uno en la superficie superior, y otro en la inferior de dicho plano. A mas de estas especies de Reloxes, hay otras muchas; porque unos se describen sobre superficies esféricas; otros sobre cónicas ó cóncavas ó convexâs; regulares ó irregulares; unos son fixos, otros portátiles, cuya explicacion se dará en su lugar.

12 En qualquier Relox de los sobredichos, *la verdadera longitud del estilo ó Gnomon es la perpendicular que se tira de la extremidad de dicho Gnomon al plano del Relox*, como en la *fig.* 14. Si en el plano AB se hubiere de delinear un Relox, y el Gnomon fuere el palo CD, que está obliqüo, si de su extremidad D se tira la línea DE perpendicular al plano, será DE la verdadera longitud del Gnomon; y el punto E en que dicha línea toca al plano, será el pie del Gnomon. De aquí se infiere importar poco sea el Gnomon de esta ó aquella figura; porque como solo se hace cuenta de su extremidad, todo lo demas que por ornato ú otra causa se añade, es de ningun momento.

13 *Polo Gnomónico, ó polo del Relox, es aquel punto en el plano del Relox, en que la línea paralela al exe del mundo, tirada por la extremidad del Gnomon, toca al sobredicho plano*: como en el plano vertical AB, (*fig.* 15.) que suponemos mira al Mediodía, la línea CG paralela al exe del mundo, pasa por el punto E, extremidad del Gnomon, señala el punto F en el plano, el qual punto es el *polo Gnomónico ó polo del Relox*: llámase tambien *centro del Relox*. Esta línea se supone ser el mismo exe del mundo, por quanto lo que dista del dicho exe es nada respecto del Cielo, como queda dicho arriba. Por la misma razon la extremidad E del Gnomon, es sin diferencia sensible el mismo centro de la tierra; y así se su-

supondrá en todo este tratado. De que se colige, que si de la extremidad E, como centro, se describe un círculo, este será sensiblemente concéntrico al círculo máxîmo celeste su correspondiente, por no distinguirse sensiblemente el plano y centro del uno, del plano y centro del otro.

Muchas veces en los Reloxes se coloca el mismo exe del mundo en lugar de Gnomon, como despues verémos; el qual tiene esta excelencia, que toda su sombra señala las horas, cubriendo todas sus líneas, lo que no sucede en otro género de Gnomon, por ser solamente la extremidad de su sombra la que tocando las líneas horarias, indica las horas. La expresion Gnomónica de otros puntos celestes en los Reloxes se verá en su lugar.

PROP. XIV. Teorema.

La sombra que forma la extremidad de un Gnomon, jamas se aparta del plano de aquel círculo máxîmo en que se halla el Sol. (*fig.* 16.)

Supongo, que el rayo de luz que procede de un cuerpo luminoso, y encuentra con un cuerpo opaco, compone una línea recta con la de la sombra; como el rayo luminoso HA, que viene á la extremidad del cuerpo opaco AB, compone con la línea AG de la sombra una línea recta HG: consta de la experiencia, y es evidente, porque no puede la sombra subir sobre la AG, como en OA, por describirse de allí el cuerpo luminoso H; ni tampoco debaxo la AG, como en AK, porque todo lo que hay debaxo la AG tiene oculto al luminoso; y está ocupado de sombra: luego la AG es la línea extrema de la sombra, que con la HA hace una recta HG.

Esto supuesto, digo, que la sombra del punto A, extremidad del estilo BA, no puede salir del plano del círculo máxîmo HEI, en quien se halla dicho punto A, segun lo dicho en la *def.* 13. La razon es, porque todas las líneas luminosas, que de la periferia de dicho círculo vienen al punto A, como la HA, componen una misma recta con las umbrosas, que á lo opuesto salen de di-

dicho punto: luego las umbrosas están en el mismo plano que las luminosas, por no poder una línea recta estar parte en un plano, y parte en otro: (1. 11. Euc.) luego estando las luminosas en el plano del círculo HEI, tambien lo están las umbrosas.

PROP. XV. Teorema.

La expresion de todo círculo máxîmo en el plano de qualquiera Relox, es línea recta. (*fig.* 16.)

Expresar en qualquiera Relox un círculo máxîmo de la esfera, es describir allí una línea, de quien no se aparte la extremidad de la sombra del Gnomon, miéntras el Sol se halla en el sobredicho círculo: como por exemplo, expresar la Equinoccial en un Relox, es señalar en su plano una línea, de quien no salga la extremidad de la sombra miéntras camina el Sol por la Equinoccial. Esto supuesto, digo, que qualquiera círculo máxîmo se expresa en el plano del Relox con una línea recta, que es la comun seccion del plano de dicho círculo, con el plano del Relox. Sea el plano del Relox CSD, y sea el círculo máxîmo HEIF, cuya comun seccion es CD. Digo que esta recta CD es la expresion de dicho círculo; de suerte, que la extremidad de la sombra que hace el Gnomon BA, no saldrá de la recta CD miéntras se halle el Sol en dicho círculo.

Demonstracion. La extremidad de dicha sombra no puede salir del plano del círculo HCIF: luego como tambien se halle en el plano CSD del Relox, necesariamente ha de estar en la recta CD comun á entrambos planos.

Esta es la razon porque en los Reloxes de Sol hechos en superficies planas, las líneas de las horas son rectas; y es, porque dichas líneas son las expresiones de los círculos horarios, que (*def.* 3, *cap.* 1.) son círculos máxîmos; y por consiguiente, no son otra cosa dichos Reloxes que las comunes secciones de los planos de dichos círculos horarios con el plano del Relox: por la misma razon la línea que expresa la Equinoccial en los Reloxes, es línea recta.

PROP.

PROP. XVI. Teorema.

La expresion de qualquiera círculo menor en el plano del Relox, es seccion cónica. (*fig.* 17.)

Digo que la expresion ó representacion de qualquiera círculo menor de la esfera en el plano del Relox es seccion cónica; esto es, ó círculo ó elipse ó parábola ó hipérbola. Para cuya demonstracion se ha de suponer, que quando el Sol va por un círculo menor, con los rayos que tocan en la extremidad de un Gnomon, forma dos pirámides cónicas opuestas, una luminosa y otra umbrosa: sea el círculo menor AB por donde camine el Sol: sea CD el plano del Relox: y el Gnomon sea EF: como pues sea el punto F sensiblemente el centro del mundo, y el círculo BA, por ser menor, no divida la esfera por medio, síguese estar dicho punto F fuera del plano del sobredicho círculo: luego los rayos de luz que de la periferia del círculo AB baxan al punto F, forman la pirámide cónica BFA luminosa, cuya basa es el círculo AB; y prosiguiendo las líneas de dichos rayos, formarán la pirámide GFH opuesta á la primera, que por consiguiente será umbrosa, y su basa será el círculo GH: luego el plano CD del Relox, cortando esta pirámide umbrosa, hará la seccion cónica IK; ó círculo, si dicha seccion fuese paralela á la basa; ó elipse, si fuere obliqüa, cortando entrambos lados; ó parábola ó hipérbola, si cortare uno solo, segun lo dicho en el *trat.* 8.

Digo pues, que esta seccion es la expresion del círculo menor BA; esto es, que miéntras el Sol le camina, la extremidad de la sombra del Gnomon no saldrá de la periferia de la seccion IK. *Demonstracion.* La extremidad de dicha sombra no puede salir de la superficie de la pirámide umbrosa, por no poder salir de la línea BH ó AG, ú otra de la superficie umbrosa; (14.) y como dicha extremidad de la sombra se halle tambien en el plano CD del Relox, necesariamente habrá de estar en la línea cónica IK, que es comun á la superficie de la pirámide umbrosa y al

al plano : luego esta seccion cónica será la expresion del círculo menor AB.

COROLARIO.

De lo dicho se colige, que la expresion de qualquiera círculo máxîmo en el plano del Relox es la comun seccion de dicho plano con el del círculo máxîmo, y es línea recta; pero la expresion de qualquiera círculo menor es la comun seccion del plano del Relox, con la pirámide umbrosa, y es línea curva.

PROP. XVII. Teorema.

La línea que en el plano del Relox expresa qualquiera círculo de la esfera, se puede dividir en grados y minutos.

Es constante, porque así como toda la línea representa y expresa en el plano del Relox al círculo celeste, así tambien una parte de la línea representará una parte del círculo. Demuéstrase tambien mas claramente en esta forma. En qualquiera punto del círculo que se halle el Sol, la extremidad de la sombra señala en la sobredicha línea aquel punto que el Sol ocupa; camine pues el Sol un grado, y la sombra señalará en la misma línea este segundo punto á que se ha pasado el Sol : luego el espacio de la línea comprehendido entre estos dos puntos que ha indicado la sombra, será la expresion de un grado del círculo que el Sol camina; y así de los demas : luego en ella se podrán expresar los grados sobredichos, y quedará gnomónicamente dividida en grados y minutos.

PROP. XVIII. Teorema.

La sombra de una línea opaca, puesta en el plano de un círculo máxîmo, cae en la comun seccion del plano de dicho círculo, con el plano del Relox. (*fig.* 18.)

Sea RS una línea opaca, como por exemplo, de hierro, puesta en el plano del círculo máxîmo HI, cuya seccion comun con el plano AB del Relox, sea la recta FC. Digo, que miéntras el Sol esté en el círculo HI, la sombra de

de dicha línea caerá sobre la FC. La razon es, porque todos los puntos de la línea RS están en el mismo plano en que está el Sol: luego (14.) la sombra de todos ellos, y por consiguiente de toda la línea, está en el plano del círculo HI; y como tambien esté en el plano AB del Relox, necesariamente ha de caer sobre la comun seccion de entrambos FC.

COROLARIOS.

1 *La vara que del polo ó centro del Relox pasa por la extremidad del Gnomon, señala las horas con toda su sombra; esto es, cae toda su sombra sobre las líneas horarias; porque estas no son otro que las comunes secciones de los círculos horarios con el plano del Relox, que se juntan en los polos del mundo, y tienen todos un mismo centro con el mundo: luego el exe del mundo es la interseccion comun de todos los círculos horarios: siendo pues la vara sobredicha sensiblemente el exe del mundo, estará en los planos de todos los círculos horarios: luego, segun lo demonstrado, caerá toda su sombra en la comun interseccion de dichos círculos con el plano del Relox, que son las líneas de las horas.*

2 *El Gnomon perpendicular al plano horizontal, manifiesta en dicho plano con toda su sombra los círculos verticales; porque estos son unos círculos máxîmos, que se cruzan en los puntos del Zenith y Nadir; y la línea que une estos dos puntos, es la comun seccion de todos, la qual es perpendicular al horizonte; y por consiguiente el Gnomon sobredicho coincide con ella: luego este se halla en los planos de todos los verticales: luego su sombra cae en la comun interseccion de dichos círculos con el plano horizontal, que es la que en este plano les representa: luego toda ella señala allí los verticales.*

PROP. XIX. Problema.

Dados tres [illegible] *puntos pertenecientes á un mismo plano, que no están en una* [illegible] *recta, extender el dicho plano* [illegible] *quisiere. (fig. 19.)*



Sean dados los tres puntos A, [illegible] B, C en el mismo plano [illegible] quanto se q[illegible] plano

no de un círculo máxîmo, los quales no estén en una línea recta; porque estándolo pueden pertenecer á infinitos planos: pídese que el sobredicho plano se extienda hasta encontrar con las paredes FG, GE, para saber la comun seccion de estas con el dicho plano.

Operacion. Del punto C al punto B pase un hilo bien tirante; y si es de noche, póngase una luz en el punto A, y la sombra del hilo CB, que es BDE, será la comun seccion del plano con las paredes, sean estas regulares ó irregulares: de suerte, que estando el Sol en el plano sobredicho, la extremidad C del Gnomon MC no saldrá de la línea ó seccion sobredicha.

Siendo de dia, se obrará como se sigue. Puesto, como ántes, el hilo BC bien tirante, ó para mas seguridad una vara bien derecha, se atará en A un hilo, que se extenderá por sobre la vara CB, á quien ha de raer ó tocar ligeramente, y con la extremidad de dicho hilo se señalarán algunos puntos, como H, I en la pared; y tirando por ellos la recta ED, será la comun interseccion que se pretende.

De este Problema se originan innumerables prácticas, tan fáciles como vulgares, para delinear los Reloxes, así directos como reflexos; y aunque le llamen algunos refugio de la impericia; pero sirve de gran luz para la inteligencia de los cortes de unos planos con otros, y para facilitar el acierto en muchas operaciones; para lo qual servirá de exemplo el Problema siguiente.

PROP. XX. Problema.

Describir qualquiera Relox de Sol con una esfera armilar. (*fig.* 20.)

Hágase una esfera armilar, esto es, compuesta de solos los doce círculos horarios, con el exe que atraviesa de uno á otro Polo, como se vé en la figura: póngase el centro A de esta esfera en la extremidad del Gnomon, y désele al exe ZA la elevacion misma ZAB, que tiene el exe del mundo en aquella region, que es igual á su altura de Polo: dispóngase firme en esta postura, cuidando que el Meridiano

no de la esfera concuerde con el de aquella region, lo que se conseguirá ó con la brúxula, ó por otro medio de los que adelante explicarémos. Hecho esto, póngase una luz en el centro A de la esfera, si la operacion se hace de noche, y las sombras que hicieren los círculos en la pared serán las líneas de las horas. Si la operacion se hiciere de dia, en lugar de poner la luz en el centro, se atará allí un hilo, y teniéndole tirante y tangente con los círculos horarios, se señalarán en la pared dos puntos por cada círculo, y tirando líneas por dichos puntos, quedará descrito el Relox. De esta misma suerte se hará el Relox horizontal, y en qualquiera se podrán poner las líneas que expresen la Equinoccial, paralelos del Sol, verticales, &c. solo con poner en la esfera armilar estos círculos.

La razon de esto consta de lo arriba dicho; porque el centro de esta esfera, colocado en la extremidad del Gnomon, es sensiblemente el mismo centro del mundo; y asimismo su exe es el del mundo; y todos los planos de sus círculos son los mismos que los de los círculos celestes á que corresponden: luego sus comunes secciones con el plano del Relox, serán las líneas de las horas; pero estas expresiones se consiguen segun la proposicion antecedente con el sobredicho artificio de la luz ú del hilo: luego la operacion es indefectible.

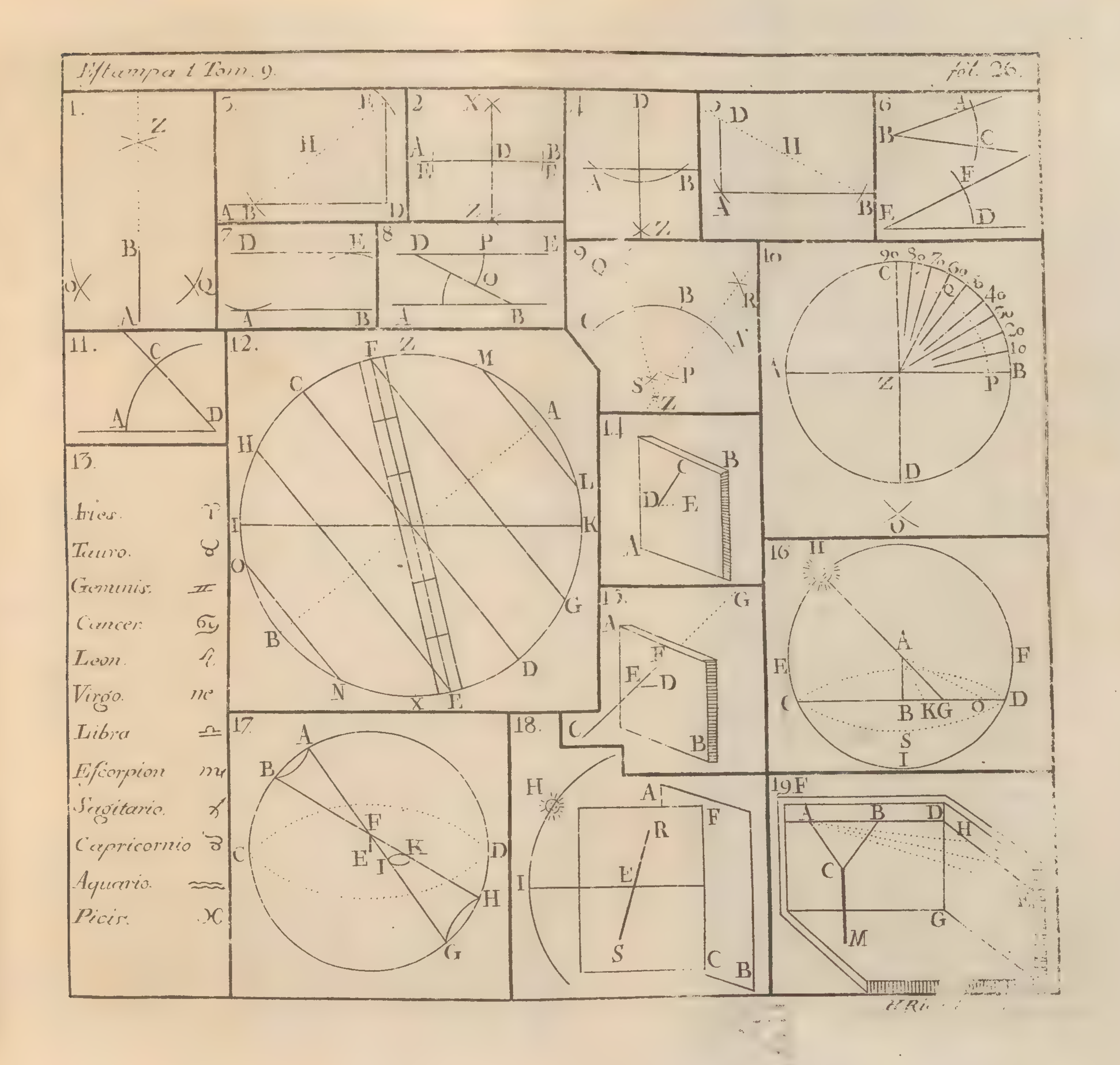
De aquí se colige claramente ser la Gnomónica ú Horologiografía propiamente Perspectiva, y juntamente se echa de ver su fundamento, que es la única razon de haber anticipado aquí este Problema.

PROP. XXI. Problema.

Describir la línea meridiana en un plano horizontal.

En el tratado de la *Astronomía*, *lib.* 1 expliqué diferentes modos para hallar en un plano horizontal la línea meridiana, con toda aquella precision que se requiere para las observaciones Astronómicas; pero porque regularmente pide la presente materia tener descrita dicha línea, repetiré aquí el modo mas fácil y ordinario de describirla, que es el siguiente.

En



Estampa 1 Tom. 9.
fol. 26.
Aries. ♈
Tauro. ♉
Geminis. ♊
Cancer. ♋
Leon. ♌
Virgo. ♍
Libra ♎
Escorpion ♏
Sagitario. ♐
Capricornio ♑
Aquario. ♒
Picis. ♓

En un plano horizontal bien nivelado y llano, y descubierto al Sol, háganse algunos círculos concéntricos: póngase en su centro un Gnomon, que no sea muy largo: véase dos ó tres horas ántes del mediodía, en qué círculo toca precisamente la extremidad de la sombra de dicho Gnomon, y nótese con cuidado aquel punto; obsérvese despues de mediodía quándo volverá á tocar la extremidad de la sombra el mismo círculo, y se notará el contacto con otro punto. Hecho esto, pártase por medio el arco comprehendido entre los sobredichos puntos; y por el punto de la division, y el centro de los círculos tírese una línea recta, y esta será la meridiana que se desea. Véase el lugar citado.

PROP. XXII. Problema.

Fábrica del instrumento declinatorio. (*fig.* 21.)

El instrumento llamado *Declinatorio* sirve para hallar la declinacion de los planos ó paredes en que se han de describir los Reloxes; su fábrica es como se sigue: Hágase de buena madera y bien seca una tablilla ABCD bien llana: tírese en ella la recta QP paralela al lado AB: sobre ella, como diámetro, hágase un semicírculo dividido en sus dos quadrantes, y cada uno en 90 grados, como se vé en la figura: fíxese en su centro la Dioptra SN; pero de suerte que pueda dar libremente la vuelta: colóquese en ella una brúxula cubierta con su vidrio, y quedará formado el instrumento. Cómo se haya de usar de él para hallar la declinacion de las paredes se dirá despues.

Pero es menester advertir, que suelen ordinariamente las brúxulas variar, apartándose del meridiano á una ó á otra parte; y así para que el instrumento referido tenga la fidelidad que se necesita, será menester corregirle, como se sigue. Póngase el instrumento sobre una línea meridiana de quien se tenga total satisfaccion, y dispóngase de suerte, que la línea SL del instrumento, cayga perfectamente sobre la meriadiana: nótese perfectamente en qué punto cae la extremidad de la brúxula dentro de su pixîde, y se hallará, que muchas veces cae fuera de la meridiana verda-

de-

dera: nótese con todo cuidado este punto, y por él y el centro ó clavo sobre que se suspende la brúxula, tírese una línea en el suelo de la píxîde, y quedará corregido el instrumento; de suerte, que siempre que la brúxula estará sobre la línea descrita, el lado SN de la Dioptra señalará perfectamente la meridiana.

PROP. XXIII. Problema.

Hallar el pie del Gnomon en qualquiera plano. (*fig.* 22.)

La verdadera longitud del Gnomon es la línea que de la extremidad del palo cae perpendicularmente sobre el plano del Relox; y el punto en que esta línea corta al plano es el pie del Gnomon, aunque el palo esté apartado de dicho punto: y por este pie verdadero del Gnomon han de pasar la línea del vertical primario, y la Meridiana en el Relox horizontal, y la línea horizontal en el Relox vertical. Pídese pues el modo de hallar este punto.

1 Si el palo ó Gnomon se hubiere fixado bien perpendicular al plano del Relox, no hay que hacer; porque su longitud es la misma que tiene dicho palo, y su pie es el mismo punto del plano en que está colocado: el modo de colocarle perpendicularmente, es aplicándole por diferentes partes la esquadra de que usan los Artífices; y quando por diferentes partes concordare el un lado de la esquadra con el Gnomon, y el otro con el plano del Relox, estará perpendicular como se pretende.

2 Si el palo no estuviere colocado perpendicular al plano, ántes bien tuviere alguna inclinacion, qualquiera que sea, la verdadera longitud del Gnomon será la línea imaginaria perpendicular al plano, y su pie será distinto del punto en que estuviere clavado el palo; y se hallará por qualquiera de los modos siguientes.

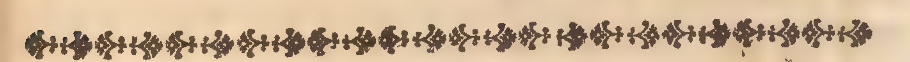
Modo 1. Aplíquese la esquadra al plano del Relox de suerte, que uno de sus lados se ajuste con él, y el otro toque la extremidad del Gnomon: hágase esta diligencia por diferentes partes, señalando en todas el punto del plano donde cae la perpendicular, los quales serán algo distantes entre

sí,

sí, por causa de lo grueso del palo; pero tomando el medio entre ellos, se tendrá el punto que es el pie del Gnomon, por el qual se tirarán en el Relox horizontal la meridiana, y en el vertical la línea horizontal, que por ser paralela al horizonte, se ha de tirar con el nivel ordinario de los Artífices.

Modo 2. Tómese un compas ó vara, y puesto el un pie al compas, ó la extremidad de la vara en el cabo del palo ó Gnomon, señálense con el otro pie ó extremidad tres puntos en el plano del Relox: hállese el centro de estos tres puntos por la regla dada en la Geometría Practica, y este será el pie del Gnomon.

Modo 3. especial para los Reloxes verticales. Tírense á plomo con un perpendículo dos líneas, PQ, RS, (*fig.* 22.) una á la una parte del palo, que se supone ya fixado en la pared, y otra en qualquier distancia igual ó desigual; y con un compas ó vara señálense desde la extremidad O del palo GO, como ántes dixe, dos puntos en cada una de dichas líneas, que serán P, Q en la una, y R, S en la otra; divídanse por medio estas líneas en T y V; y tírese la TV, que será la línea horizontal, en la qual está el pie del Gnomon. Para hallarle, señálense como ántes, desde la extremidad O, otros dos puntos en la TV, que serán X, Z: pártase por medio la XZ en N, y este será el pie del Gnomon. Todo lo qual es claro, segun Geometría.



LIBRO II.

DE LA DESCRIPCION DE LOS RELOXES SOLARES ASTRONÓMICOS.

Reloxes de Sol Astronómicos, son los que contienen y demuestran con la sombra del estilo las horas astronómicas, que segun la *definicion* 13 del *cap.* 2 *lib.* 1, son las que dividen el dia natural en veinte y quatro par-

partes iguales, empezando del mediodía ó media noche; y son las mismas que llamamos *Europeas*, por usar de ellas casi todas las Naciones de Europa; con sola esta diferencia, que empezando á contar doce horas desde el mediodía, las continúan hasta media noche, de donde vuelven otra vez á numerar las doce restantes hasta el mediodía siguiente. Las líneas que señalan estas horas en los Reloxes de Sol, no son otra cosa, que las intersecciones comunes del plano del Relox, con los doce círculos máxîmos, que pasando por los polos del mundo, dividen el Equador y el movimiento diurno del Sol en 24 partes iguales. La descripcion de estas horas en diferentes planos, será la materia de este libro.

CAPITULO I.

DE LOS DOS PROBLEMAS FUNDAMENTALES de la Gnomónica.

Los dos Problemas siguientes se fundan en los principios demonstrados en el precedente libro, singularmente en las *proposiciones* 15, 16 *y* 17, y en ellos se funda todo quanto se contiene en la Gnomónica; por lo que son importantísimos, y convendrá les tenga bien entendidos el estudioso, para que radicalmente se haga dueño de todo lo demas de este Tratado.

PROP. I. Problema.

Dividir en grados la seccion comun del plano de un círculo máxîmo con el plano del Relox, quando dicha seccion pasa por el pie del Gnomon.
(*fig.* 23.)

Sea el plano del Relox EF; sea AG el plano de un circulo máxîmo ó parte suya; sea la comun seccion de entrambos planos la recta AB, en quien se halla el pie C, del Gnomon CD. Pídese se divida esta línea en grados; esto es, se señalen en ella los espacios que correrá por ella

ella la sombra del Gnomon, miéntras el Sol camina cada grado de su círculo máxîmo.

Operacion. Del punto C, pie del estilo, sáquese la línea CK perpendicular á la AB é igual al estilo CD: del punto K como centro, hágase un círculo MNL con qualquier intervalo: divídase este círculo en sus grados, ú de 10 en 10, ú de 15 en 15 como se quisiere; y del centro K tírense por las divisiones las rectas KIS, KHB, &c. y quedará dividida la línea AB en sus grados gnomónicos, como se pretende.

Demonstr. La extremidad D del Gnomon es sensiblemente el centro del mundo; y el círculo RT, &c. descrito de dicho punto, como centro, es concéntrico al círculo máxîmo celeste, en cuyo mismo plano se halla; y por consiguiente las líneas que salen del centro D, y dividen el círculo RT, &c. continuadas hasta el Cielo, dividirán de la misma suerte al sobredicho círculo máxîmo: luego estas líneas que salen del punto D, y pasan por las divisiones del círculo RT, dividen la AB en grados gnomónicos ó correspondientes á los que camina el Sol en el sobredicho círculo; pero las divisiones que hacen en la misma AB las rectas que salen del punto K, por semejantes divisiones del círculo LIH á las ROT, son las mismas que hacen las líneas que salen del punto D: luego, &c.

Que las divisiones de la AB sean las mismas, ahora las hagan las líneas que salen de D, ó las que provienen de K, se prueba; porque los triángulos DCS, KCS tienen los lados CD, CK iguales por construccion; y los ángulos en C, rectos; y los CDS, CKS tambien iguales por suposicion: luego (26. 1. Euc.) la basa CS del uno es igual á la basa CS del otro: luego el mismo punto S, que da la línea DS, da tambien la KS; y lo mismo diré de las demas divisiones: luego con la regla dada queda dividida la línea AB desde el punto K en grados gnomónicos. Usamos del punto K para hacer la division, y no del punto D, por estar este en el plano AG, que suele ser imaginario; y el punto K en el plano AF, real y físico.

PROP.

PROP. II. Problema.

Dividir en grados la seccion comun del plano de un círculo máxîmo con el plano del Relox, quando dicha seccion no pasa por el pie del Gnomon. (fig. 24.)

Sea XZ el plano del Relox; sea CD un Gnomon, cuyo pie es C; y considérese este Gnomon levantado perpendicularmente sobre el plano XZ. De la extremidad del Gnomon considérese baxar la línea DG inclinada al sobredicho plano: con que el plano del triángulo CDG será perpendicular al plano XZ; y para imaginarlo bien considérese, que el tríangulo CDG se levanta, doblándose el papel por la CG, hasta que el punto D venga perpendicularmente sobre el punto C. Considérese ahora el plano de un círculo máxîmo celeste inclinado, segun la DG; esto es, que esta línea esté en el plano de dicho círculo, y será sensiblemente el centro de este círculo el punto D, extremidad del Gnomon; y la comun seccion de su plano con el plano del Relox será la recta AB, la qual no pasa por el pie C del Gnomon. Esto supuesto, se pide, que la recta AB se divida en grados gnomónicos; esto es, que se señalen en ella las distancias que correrá la extremidad de la sombra del Gnomon CD, miéntras el Sol camina los grados del círculo sobredicho.

Operacion. En el plano XZ del Relox, y por el pie C del Gnomon CD, tírese la CG perpendicular á la AB, que se prolongará hácia abaxo: tírese tambien la CK paralela á AG é igual al Gnomon CD, y tírese la KG: córtese la GH igual á KG, y el punto H será el centro de la division que se pide; porque si del punto H, como centro, se describe un círculo, y se divide en sus grados, las líneas que del centro H se tiraren por las divisiones, dividirán la AB en grados gnomónicos, de la misma suerte que la dividirian las líneas que se tirasen del centro del círculo máxîmo celeste, que es el punto D, extremidad del Gnomon, por las divisiones de sus grados.

No me parece es menester cansar con poner aquí la demonstracion, por quanto substancialmente es la misma de

de la proposicion antecedente ; pues solo hay la diferencia, que en la pasada el plano del círculo máxîmo es perpendicular al plano del Relox , y en esta es obliqüo con obliqüidad igual al ángulo DGC , CGK ; y por consiguiente en aquella la distancia del centro de la division es igual al mismo Gnomon ; y en esta es igual á la hipotenusa KG , que son las distancias que hay entre el centro del círculo máxîmo , y la comun seccion AB del plano de dicho círculo con el del Relox.

CAPITULO II.

DE LA DESCRIPCION DE LOS RELOXES Equinoccial y Polar.

PROP. III. Problema.

Describir el Relox Equinoccial. (fig. 25.)

RElox Equinoccial es el que se describe en un plano paralelo á la Equinoccial. Su descripcion es facilísima. Descríbase el círculo ACBD, y divídase en veinte y quatro partes iguales, con líneas que salgan del centro E ; y estas serán las líneas de las horas que se notarán, como se vé en la figura. El Gnomon se colocará en el centro E perpendicular al plano del Relox de la longitud que se quisiere.

Para que este Relox señale las horas es menester ponerle paralelo á la Equinoccial , lo que se conseguirá en esta forma. Hágase un triángulo de materia sólida , como por exemplo de madera , y sea MNO , cuyo ángulo N sea recto ; y el ángulo M igual á la altura de la Equinoccial, ó al complemento de la altura de polo de la region : y habiendo sacado en un plano horizontal la línea meridiana, colóquese dicho triángulo sobre ella de suerte , que la MN coincida con ella perfectamente , y el punto O cayga á la parte del Mediodía: y poniendo el Relox sobre el lado MO de modo , que la línea AB de las 12 concuerde con OM , quedará colocado paralelo á la Equinoccial , y el Gnomon será paralelo al exe del mundo ; y aun será ese mismo exe sensiblemente , como es constante.

Demuéstrase la descripcion del Relox. Como en esta

disposicion del plano del Relox sea el Gnomon el exe del mundo, que es la seccion comun de los doce círculos horarios, será tambien el Gnomon la seccion comun de esos mismos círculos; y por consiguiente todos se cortarán en el punto E: y como todos sean perpendiculares al plano de la Equinoccial, y la dividan en 24 partes iguales, dividirán tambien en 24 partes iguales al plano del Relox, que es el mismo de la Equinoccial: luego las rectas que del centro E se tiran por dichas divisiones, son las intersecciones de los círculos horarios con el plano de este Relox; luego esas son las líneas de las horas.

COROLARIOS.

1 *De aquí se colige, que la sombra de este Gnomon señalará las horas cayendo enteramente á lo largo sobre las líneas que las representan, por coincidir dicho Gnomon con el exe del mundo, segun se dixo en semejante caso en el corol. 2, prop. 18, lib. 1.*

2 *Este Relox Equinoccial se puede describir en las dos superficies de la tabla; pero de suerte que las líneas de la una superficie coincidan perfectamente con las de la otra, y el mismo Gnomon pase á entrambas partes perpendicularmente por el centro de modo, que parte quede arriba, y parte baxo la dicha tabla: de estos dos Reloxes, el que está en la superficie superior señala las horas miéntras el Sol camina la mitad Septentrional de la Eclíptica, que es desde 21 de Marzo hasta 23 de Setiembre; en la otra inferior se demuestran miéntras el Sol camina la parte Meridional, que es desde 23 de Setiembre hasta 21 de Marzo; pero en los dias que el Sol se halla en la Equinoccial ó cerca de ella, no señala las horas en alguna de dichas superficies, sí en el borde ó anillo que queda, cortado el círculo pequeño FGHI donde se señalan, uniendo los cabos de las líneas horarias de una y otra superficie.*

3 *Este Relox Equinoccial es el mismo Relox horizontal de la esfera polar, ú de aquellas tierras que tienen el polo del mundo en el Zenit, porque en estas la Equinoccial es el horizonte: luego este Relox, que como he dicho*

cho es paralelo á la Equinoccial, será en dichas regiones paralelo al horizonte; y por consiguiente será allí horizontal.

4 *Por la misma razon el Relox Equinoccial es el vertical sin declinacion en las regiones puestas debaxo la línea Equinoccial; porque en estas el vertical primario coincide con la Equinoccial: luego el Relox de que hablamos, siendo paralelo á la Equinoccial, será allí paralelo al vertical primario; y por consiguiente será vertical sin declinacion: y el que está descrito en la superficie que mira al Septentrion, servirá de 21 de Marzo á 23 de Setiembre; y el de la superficie opuesta en lo restante del año.*

5 *Este Relox es universal, pues solo con adaptar el triángulo MNO á la altura de qualquiera region, podrá servir en ella el Relox. El modo de hacerle portátil se dirá en el lib. 5.*

PROP. IV. Teorema.

Habiendo diferentes círculos que tienen un exe comun, y un plano paralelo á uno de ellos, las secciones comunes de dichos círculos con este plano son entre sí paralelas. (*fig.* 26.)

Sean los planos CD, LO, HI parte de los planos de unos círculos, que tienen un mismo exe EF comun á todos, y en el qual mutuamente se cortan: sea un otro plano AB paralelo á uno de dichos círculos, como por exemplo á CD. Digo, que las MO, KI, secciones de los planos LO, HI con el plano AB, son entre sí paralelas.

Demonstr. Por ser los planos CD, AB paralelos, y cortarles á entrambos el plano LO, son (16. 11. Euc.) las secciones EF, MO paralelas; y por cortar á los mismos planos el plano HI, son las EF, KI paralelas: luego (9. *lib.* 11. Euc.) las MO, KI son entre sí paralelas.

COROLARIOS.

1 *De aquí se colige, que en qualquiera plano paralelo á uno de los doce círculos horarios, ú de las horas astronómicas, las líneas de las horas son entre sí paralelas; porque dichos círculos horarios tienen un mismo exe comun, que es el del mundo: luego sus comunes sec-*

ciones con el plano del Relox paralelo á qualquiera de dichos círculos, que son las líneas de las horas, son paralelas á dicho exe y entre sí; y como dichos círculos sean perpendiculares á la Equinoccial, tambien las líneas de las horas serán perpendiculares á la comun seccion de la Equinoccial con el plano del Relox, que es la línea que allí la representa.

2 *En qualquiera plano vertical, las líneas que representan los verticales, son perpendiculares al horizonte, y paralelas entre sí; porque todos los círculos verticales tienen un mismo exe comun y perpendicular al horizonte, que es la recta que pasa del Zenit al Nadir: luego en el plano paralelo á qualquiera de ellos, como lo es qualquiera plano ó pared vertical, las comunes secciones de este plano con los verticales serán entre sí paralelas y perpendiculares al horizonte, como lo es su exe comun. De que se colige, que como el círculo meridiano sea uno de los verticales, su seccion comun con el plano del Relox, que es la línea de las 12, es en todo Relox vertical, perpendicular al horizonte, y se echa á plomo.*

PROP. V. Problema.

Describir el Relox Polar. (fig. 27.)

Puédese llamar Relox Polar el que se describe en un plano paralelo á qualquiera círculo horario; pero especialmente es el que se delinea en el plano paralelo al círculo de la hora sexta, y porque este círculo es el horizonte de la esfera recta, este Relox Polar es horizontal en la dicha esfera; esto es, en las tierras que están baxo la Equinoccial: su fábrica es la siguiente.

Operacion. Tírense las líneas CO, NM, que se corten perpendicularmente en L; y sea el Gnomon LS, que se fixará en L perpendicular al plano del Relox. Tómese en la CO la LC igual al Gnomon; y hecho centro en C, hágase la quarta de círculo LT, que se dividirá en seis partes iguales. Tírense del centro C por las divisiones las ocultas CG, CH, &c. y cortarán la LM en los puntos G, H, &c. Tírense por estos puntos líneas paralelas á la CO, y

estas

estas serán las líneas de las horas que se notarán con sus números, como se vé en la figura.

Para colocar este Relox, se formará de madera un triángulo PQR, rectángulo en Q, y que tenga el ángulo P igual á la altura de polo, el qual se dispondrá de modo, que la PQ se ajuste sobre la meridiana sacada en el suelo, y el punto R cayga á la parte del Norte: sobre el triángulo así dispuesto, se pondrá el Relox de modo, que la recta CO se ajuste sobre la RP.

Demonstracion. El plano de este Relox es paralelo al círculo de la hora sexta que pasa por los polos del mundo, y por las intersecciones de la Equinoccial con el horizonte, á quien es perpendicular el plano de la Equinoccial y el del meridiano, perpendiculares tambien entre sí: luego sus cortes, que hacen estos círculos con el plano del Relox, son perpendiculares entre sí, que son CO meridiano ó línea de las 12, y NM Equinoccial; y porque esta pasa por el pie L del Gnomon, se dividirá bien, mediante el quadrante LT, en los intervalos de las horas con la práctica sobredicha, segun la *prop.* 1 de este libro: luego por los puntos L, G, H, &c. pasan las líneas de las horas, ó intersecciones de los círculos horarios con el plano del Relox; y siendo este plano paralelo á uno de ellos, serán por la proposicion antecedente y sus corolarios dichas secciones entre sí paralelas, y perpendiculares á la Equinoccial NM.

COROLARIOS.

1 *El exe del mundo es paralelo al plano de este Relox: con que si en la extremidad S de la vara LS, se pusiere otra paralela á la recta CO, señalaria las horas segun toda su sombra.*

2 *Con el mismo artificio sobredicho se describirá el Relox en otro qualquiera plano paralelo á qualquiera de los demas círculos horarios, como por exemplo al círculo de la hora 7: solo es menester advertir, que la recta CO, que en todo caso pasa por el pie del Gnomon, será no la línea de las 12, sí de la 1, y en el descrito en el plano paralelo al círculo de las 8, será CO la línea de las 2, y así de los demas respectivamente.*

En

3 *En los planos sobredichos se puede en estas regiones describir el mismo Relox en sus dos superficies superior é inferior, como se dixo en el Relox Equinoccial. En el paralelo al círculo de las 6, el superior señalará las horas desde las 7 de la mañana hasta las 5 de la tarde; y en el inferior se señalarán por la mañana las 4 y las 5, y por la tarde las 7 y las 8, mas ó ménos respectivamente, segun fuere la altura de polo. Las 6 no las puede señalar, por ser entónces la sombra paralela al plano. De aquí se puede discurrir lo que señalarán los Reloxes de entrambas superficies en los planos paralelos á los demas círculos horarios.*

CAPITULO III.

DE LA DESCRIPCION DE LOS RELOXES horizontales.

RElox horizontal es el que se describe en un plano horizontal ó paralelo al horizonte: puédese decribir de diferentes modos; pero por lo regular no se diferencian substancialmente entre sí: con que demonstrando el primero de ellos, lo quedarán tambien los demas.

PROP. VI. Problema.

Modo primero de describir el Relox horizontal. (*fig.* 28.)

Operacion. Sea BO la línea meridiana, ó supóngase serlo; porque se puede delinear el Relox aparte, y colocarse despues de modo, que dicha línea se ajuste con la meridiana. Escójase á discrecion en la misma meridiana BO el punto A para pie del Gnomon; y sea su longitud AC tomada tambien á discrecion: tírese la AF indefinida perpendicular á la BO, y córtese en ella AC igual á la longitud del Gnomon: descríbase del centro C el círculo LAHF: córtese el arco AI igual al complemento de la altura de polo, como en Valencia á 50 grados 26 min. Tómese en AK la altura de polo, que en Valencia es 39 grad. 34 min. Por el punto I tírese la CI, que cortará la meridiana en B, y este será el centro ó polo del Relox: tírese por el punto

to

to K la CK, que cortará la meridiana en E, punto en que la Equinoccial corta á la meridiana: por este punto E tírese la NER perpendicular á la BO, y esta será la Equinoccial en el Relox. Hágase la EO igual á la EC, y el punto O será (2.) el centro de la division de la NR: tírese pues por el punto O una paralela á la NR; y haciendo sobre ella desde el centro O un semicírculo, divídase este en 12 partes iguales, por cuyas divisiones se tirarán del centro rectas ocultas que corten la Equinoccial, y los puntos en que la cortarán serán los puntos horarios; por los quales tirando del centro B del Relox líneas rectas, serán las líneas horarias ó las intersecciones de los círculos horarios con el plano del Relox horizontal, que se notarán con sus números, como se vé en la figura.

La línea de las 6 es la PB, paralela á la Equinoccial NR; y si se prosiguen hácia arriba las líneas de las horas, darán sobre el polo del Relox las horas opuestas: como si se continúa la línea NB, que es de las 4 de la tarde, dará arriba las 4 de la mañana, y así de las demas.

Demonstr. Considérese el Gnomon AC levantado perpendicularmente sobre BE, juntamente con el círculo HALF, y este coincidiria con el plano del meridiano á quien representa: y como en el triángulo rectángulo AEC, el angulo ACB sea por construccion igual al complemento de la altura de polo, será el ángulo ABC igual á la dicha altura, y por consiguiente la recta MB será sensiblemente el exe del mundo: y el punto M el polo boreal: luego el punto B es el polo del Relox; y como el plano del círculo de la hora sexta pase por los polos del mundo y por los del meridiano, que son los puntos del verdadero Orto y Ocaso, será dicho círculo perpendicular al meridiano; y por consiguiente su seccion con el horizonte pasará por el polo B del Relox, y será perpendicular á la meridiana BO: luego es la línea PB.

Tambien en el triángulo AEC rectángulo en A, por ser el ángulo ACE igual á la altura de polo, es el ángulo AEC igual á su complemento, que es la altura del equador: luego la recta EG está en el plano de la Equinoccial, y juntamente en el del meridiano; y por consiguiente es

es comun seccion de entrambos: con que puesto el Sol en G, vendrá su rayo GC al punto E: luego este punto es gnomónicamente en el plano del Relox el en que se cortan la Equinoccial y Meridiano; y siendo estos círculos perpendiculares entre sí, por pasar mutuamente el uno por los polos del otro, será la comun seccion de la Equinoccial con el plano horizontal perpendicular á la meridiana BO, y pasará por el punto E: luego es la NR.

Ultimamente, la línea Equinoccial NR se ha dividido gnomónicamente en 12 partes iguales, ú de 15 en 15 grados, empezando del punto E, por la regla dada en la *prop.* 2: luego los puntos N, D, &c. son los de las horas en la Equinoccial NR, ó los puntos en que la cortan los círculos horarios: luego las comunes secciones de dichos círculos horarios con el plano del Relox horizontal, son las rectas BN, BD, &c. luego estas son indefectiblemente las líneas de las horas. Si se quisieren señalar las medias horas, se subdividirán las divisiones del círculo Equinoccial, cuyo centro es O, por medio, y tirando del centro O líneas á la Equinoccial NR, por los puntos en que la cortaren, se tirarán líneas del centro B del Relox, y estas serán las de las medias horas.

PROP. VII. Problema.

Modo segundo de describir el Relox horizontal con solo un quadrante de círculo. (*fig.* 29.)

Operacion. Téngase descrito sobre una tabla ó carton un quadrante de círculo FHG dividido en sus grados, ó á lo ménos en 6 partes iguales, como se vé en la figura: cuéntese del punto G al punto L la altura de polo, y tírese la FL: tírese la MN paralela á FG mas ó ménos distante, como pareciere, que quedará cortada con los radios F1, F2, &c. y si por tirarse muy apartada de la FG no fuere cortada por alguno de dichos radios, se extenderá fuera del quadrante, hasta que el radio, tambien continuado, la corte. Preparado esto se describirá el Relox horizontal como se sigue.

Tí-

Tírense las dos líneas indefinidas EQ, PR perpendiculares entre sí, de las quales EQ será la Equinoccial, y PR la Meridiana: váyanse tomando los cortes de la MN, empezando del punto M, y váyanse pasando á la EQ, empezando del punto R á una y otra parte. Tómese ahora con el compas la distancia FI en el quadrante, y pásese de R á P, y el punto P será el Polo ó centro del Relox, el qual quedará formado tirando las líneas de las horas desde el punto P por las divisiones de la Equinoccial EQ. La línea de las 6 será la paralela á la Equinoccial por el punto P. Para colocar el Gnomon, se tomará con el compas la distancia MF, y con ella, hecho centro en R, se hará un pequeño arco en S. Luego se tomará la distancia MI, y haciendo centro en P, se hará otro arco, que cortará al primero en S: de este punto S, tírese la ST perpendicular á la Meridiana, y TS será el Gnomon, que se colocará en T perpendicular al plano del Relox; ó si pareciere ponerle en P, se pondrá directamente sobre la meridiana, levantándole segun el ángulo TPS, dándole de largo lo que se quisiere. La demonstracion viene á ser la misma que la del Problema antecedente.

PROP. VIII. Problema.

Modo tercero de describir el Relox horizontal con sola una abertura de compas. (*fig.* 30.)

Operacion. Tírense las rectas AB, EQ perpendiculares entre sí, y la BA será la meridiana, y EQ la Equinoccial; y haciendo centro en la interseccion O, descríbase con qualquiera abertura el círculo CBDA, y el punto D será el de las 9 horas, y C el de las 3. Con la misma abertura hágase desde B el corte F; y puesto el pie del compas en F, hágase con la misma abertura en la Equinoccial el corte 8 y será el de las 8, y haciendo lo mismo á la otra parte, se tendrá el punto de las 4. Pásese un pie del compas al punto 8, y desde allí se cortarán dos intervalos de la misma abertura hasta el punto 7, y haciendo lo mismo á la otra parte desde el punto 4 se tendrá el punto 5;

con

con que tenemos ya en la una parte las 7, 8 y 9, y en la otra las 5, 4 y 3. Para hallar con la misma abertura los puntos de las demas horas, póngase el pie del compas en el punto 8, y échense dos intervalos hácia C, y se tendrá el punto de la hora 1, y haciendo lo mismo desde el punto 4 hácia D, se tendrá el punto 11. Ultimamente, tírese una línea oculta de A á F, y cortará la Equinoccial en el punto 10, y haciendo lo mismo á la otra parte, se tendrá el punto 2. Para hallar el Gnomon, se cortará el arco DG igual á la altura de Polo; y tirando la OG se sacará á esquadra la GH y la GI perpendicular á BO, y será H el Polo del Relox, HG el exe del mundo, y GI el Gnomon; y tirando del Polo H líneas por los puntos de las horas, quedará concluido el Relox.

La demonstracion consiste en probar, que las rectas O11, O10, O9, &c. son las tangentes de los arcos 15, 30, 45, &c. del círculo descrito del centro B, que representa el círculo equinoccial. Véase pues la *fig.* 28. Primeramente, como consta de la Trigonometría, la tangente de 45 gr. que es el arco del Equador que da el punto de las 9, es igual al radio: luego haciendo E9 igual á EO, se tiene el punto de las 9. Tambien por ser el arco ES de 60 gr. si se tira del centro O la OS8, hasta la Equinoccial, se formará el triángulo OE8, rectángulo en E; y siendo el ángulo EO8 de 60 gr. será el E8O de 30 gr. Y como, segun la Trigonometría, la misma razon tenga O8 con OE, que es el seno total, con el seno del ángulo de 30 gr. y sea el seno total duplo del de 30 gr. por ser dicho seno total la cuerda de los 60, será la O8 dupla de OE: luego bien se halló el punto 8 contando desde O dos veces el radio OE.

Tambien la E7 es la tangente de 75 grad. la qual excede á E8 tangente de los 60 en un diámetro ó en el radio duplicado, como se puede ver en el Canon Trigonométrico; luego contando dos radios desde el punto 8 se hallará el 7. Asimismo consta, que la tangente de 60 grad. que es E8 junta con la tangente de 15 que es E1, es igual á dos radios: luego contándoles desde 8 hácia D, se hallará el punto 1. Ultimamente, siendo en la *fig.* 30. el arco BE de 60 grad. será el ángulo BAF de 30 grad.
por

por estar hecho en la circunferencia, luego la AF corta el punto de las 10. Consta pues toda la operacion.

PROP. IX. Teorema.

En los Reloxes horizontales, si por el punto de la hora 3, puesto en la Equinoccial, se tira una paralela á la Meridiana, las líneas horarias de las 4 y 5 la dividen en la misma razon que dividen á la Equinoccial las líneas de las 2 y de la 1.
(fig. 28 y 31.)

Este Teorema es apreciable, por fundarse en él algunas prácticas de mucha utilidad para la fábrica de los Reloxes. Digo pues, que si por el punto D, en que la línea de las 3 corta la Equinoccial, se tira la línea Dm paralela á la Meridiana BE, las líneas B5, B4 la cortan en la misma proporcion en que la Equinoccial ED es cortada por las líneas B1, B2; esto es, que la misma razon tiene mp con pq, que E1 con I2, y pq con qD, que 1, 2 con 2, 3, y lo mismo respectivamente, si la paralela sobredicha se tira por el punto de las 9.

Para la demonstracion véase la *figura* 31. en la qual sea AB el exe del mundo, que sirva de lado al paralelepípedo DC, con que este tendrá su misma evolucion, y la superficie AC será el plano del círculo de la hora 6, y el plano AE será el del Meridiano, y el plano A6 3D será paralelo á la Equinoccial. Del centro A, que lo es de la Equinoccial, por pasar por A el exe BA del mundo, descríbase un quadrante de círculo, que se dividirá en seis partes iguales; y tirando del centro A rectas por las divisiones, serán estas las líneas horarias ó cortes, que en el plano de la Equinoccial hacen los círculos horarios. (3.) Contínuese en el plano CH3 6 las rectas 5 5 y 4 4 paralelas al lado C6, y serán estas los cortes de los mismos círculos horarios con el plano sobredicho: imagínese ahora el plano horizontal C3DB que pase por la línea C3, y será D3 la Equinoccial en este plano; y la BD Meridiana en el mismo plano; y

la

la línea C3 será la paralela á la Meridiana, que pasando por el punto de la hora 3 es la línea de que hablamos. Digo pues, que esta línea está cortada en G y en F por los círculos horarios de las 5 y de las 4 en la misma razon que la Equinoccial 3D está cortada en los puntos 1 y 2; esto es, que la misma razon hay de D1 á 1 2, y de esta á 2 3, que hay de CG á GF, y de GF á F3.

Demonstracion. La recta D3, y la recta 6 3 están cortadas en la misma razon, como es bien claro; pero la recta C3 (2. 6. Euc.) está cortada con las paralelas en la misma razon que la 6 3: luego está cortada en la misma razon que la D3: luego CG, GF, F3 son proporcionales con D1, 1 2 y 2 3.

PROP. X. Problema.

Modo 4 de delinear el Relox horizontal, halladas las horas 1, 2 *y* 3, *ó* 11, 10 *y* 9 *en la Equinoccial.* (*fig.* 32.)

Operacion. Supóngase hecho el Relox por qualquiera de los modos antecedentes, hasta tener en la Equinoccial AB señaladas las horas 11, 10 y 9 con lo demas perteneciente al Gnomon. Tírese la línea de las 6 paralela á la Equinoccial, que será C6. Del punto de las 9 sáquese la 9 y 6 paralela á la Meridiana C12; y tírese la oculta 12 6, y las paralelas 11 7 y 10 8, y los puntos 7 y 8 serán en la sobredicha paralela los puntos por donde tirando del centro C del Relox rectas, serán las de dichas horas 8 y 7, y haciendo lo mismo á la otra parte quedará concluido el Relox. Consta de la proposicion antecedente.

¶ Esta práctica es de grande utilidad en muchas ocasiones, así en los Reloxes horizontales, como en los verticales; porque con ella se determinan con mayor seguridad los puntos 7 y 8, y 4 y 5 en la sobredicha línea que en la Enquinoccial, por lo mucho que en esta distan de la Meridiana, singularmente quando es grande el Relox.

PROP.

PROP. XI. Problema.

Modo 5 de delinear el Relox horizontal, que es por Trigonometría.

Este modo es exâctísimo, y se subdivide en dos: el primero consiste en hallar por Trigonometría la cantidad de las líneas que componen el Relox; el segundo, en investigar la cantidad de los ángulos que forman las líneas de las horas con la meridiana.

Modo 1. *Hallando la cantidad de las líneas.*

Supóngase que el Gnomon está dividido en 1000 partes, para que pasado tres ó quatro veces á una línea, quede esta dividida en 3000 ú en 4000 partes, y sirva de pitipié.

Hecho esto, se buscará primero por Trigonometría la línea BA, (*fig.* 28.) en esta forma: En el triángulo ABC, como consta de lo dicho, es el ángulo ABC igual á la altura de Polo, y el ACB á su complemento. Conocida pues la AC 1000 y los sobredichos ángulos, se hallará la BA con esta analogía: *Como el seno total*: *á la tangente del ángulo ACB* : *así CA* : *á AB*: con que se sabe el punto B polo del Relox, y el punto A donde se ha de fixar el Gnomon.

Ahora se ha de hallar la recta AE en el triángulo ACE, en esta forma: *Como el seno todo*: *á la tangente del ángulo ACE*, *que es igual á la altura de Polo*: *así CA* 1000: *á AE*: y se tiene el punto E, por donde se tirará la Equinoccial NR perpendicular á la meridiana AB; y sumando BA con AE se sabrá la BE.

Hállese ahora la EC en el triángulo EBC, como se sigue: *Como el seno total*: *al seno del ángulo ABC de la altura de Polo*: *así BE*: *á EC ó EO su igual*: con que se sabe el centro O.

Ultimamente, en los triángulos EO11, EO10, &c. se sabrán las distancias E11, E10, &c. con estas analo-

logías: *Como el seno todo: al seno de* 15, *de* 30, *de* 45, *de* 60, *de* 75 *grados: así EO: á E*11, *á E* 10, *á E*9, *&c.* Tomando pues del pitipié estas cantidades, se notarán en la línea Equinoccial; y tirando por dichos puntos las horarias del Polo B, quedará concluido el Relox.

Con este artificio se pueden hacer tablas para fabricar los Reloxes por pitipié, poniendo en ellas la cantidad de las sobredichas líneas para cada altura de Polo; y lo mismo se puede hacer en los Reloxes verticales.

Modo 2. *Hallando la cantidad de los ángulos que forman las líneas horarias con la meridiana.*

Este modo consiste en hallar (*fig.* 28.) los ángulos EB11, EB10, &c. lo qual se hace en esta forma: Supongamos se ha de sacar el ángulo EB11: sígase esta analogía: *Como el seno total: al seno de la altura de Polo: así la tangente de* 15 *grados: á la tangente del ángulo EB*11, y así en todos los demas ángulos; porque para todos sirve la misma analogía, tomando por tercer término la tangente de 30 grados para las 10 horas, la de 45 para las 9, la de 60 para las 8, y la de 75 para las 7.

Sabidos estos ángulos, se describirá fácilmente el Relox, tirando la BE meridiana, y la perpendicular PBH para la hora de las 6, y describiendo del centro B un semicírculo, se irán notando en su periferia los grados sobredichos pertenecientes á cada hora, por cuyas divisiones se tirarán del centro B las líneas horarias, y quedará hecho el Relox.

Con el sobredicho artificio se pueden hacer las tablas de los arcos horarios, así para Reloxes horizontales como para qualesquiera verticales, las quales trae Pedro Ruiz Valenciano: aquí las omito, por ser bien fáciles los modos que hemos dado para describir los Reloxes sin dependencia de ellas, contentándome con poner la que sirve para los horizontales, que es la siguiente.

TA-

TABLA DE LOS ARCOS HORARIOS, PARA LOS Reloxes Horizontales.

Al. de Polo.	11		10		9		8		7		6	
	1		2		3		4		5		6	
G.	G.	M.	G.	M.	G.	M.	G.	M.	G.	M.	G.	M.
35	8	44	18	20	29	50	44	49	64	57	90	0
36	8	57	18	46	30	26	45	30	65	29	90	0
37	9	10	19	9	31	2	46	11	66	0	90	0
38	9	22	19	34	31	37	46	50	66	29	90	0
39	9	33	19	58	32	11	47	28	66	51	90	0
40	9	47	20	21	32	44	48	4	67	22	90	0
41	9	57	20	44	33	16	48	39	67	47	90	0
42	10	10	21	7	33	46	49	12	68	1[illegible]	90	0
43	10	22	21	29	34	18	49	44	68	33	90	0
44	10	32	21	51	34	47	50	16	68	51	90	0
45	10	43	22	12	35	15	50	46	69	14	90	0
46	10	54	22	33	35	44	51	15	69	39	90	0
47	11	5	22	53	36	11	51	42	69	53	90	0
48	11	17	23	13	36	37	52	9	70	11	90	0
49	11	25	23	33	37	3	52	35	70	28	90	0
50	11	36	23	54	37	28	53	0	70	43	90	0
51	11	45	24	9	37	52	53	24	70	59	90	0
52	11	55	24	27	38	15	53	46	71	13	90	0
53	12	5	24	43	38	37	54	8	71	28	90	0
54	12	13	25	2	38	58	54	29	71	41	90	0
55	12	23	25	18	39	19	54	50	71	54	90	0
60	13	[illegible]	26	[illegible]	40	53	56	18	72	48	90	0

Si

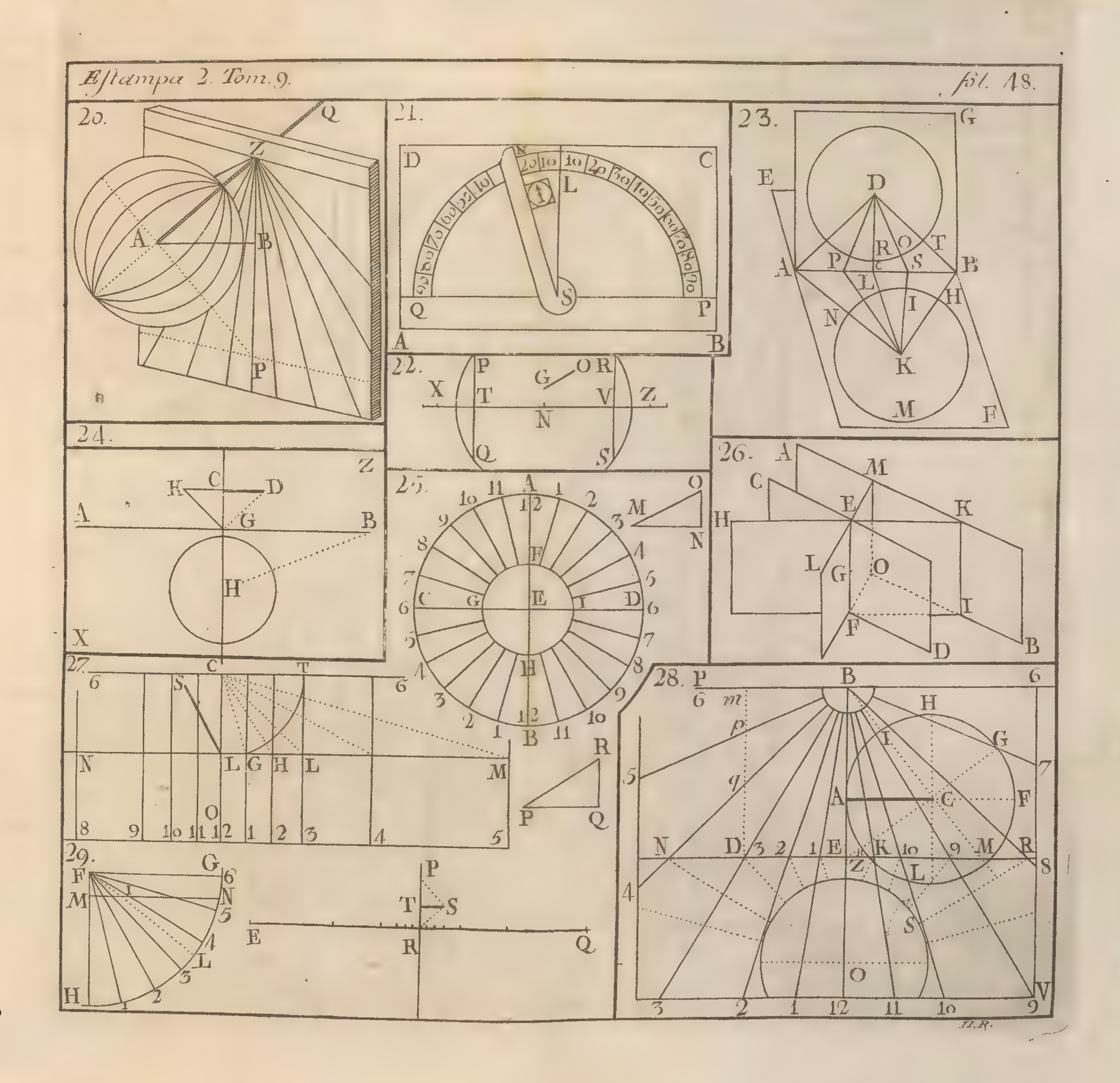
Si el curioso quiere ver el fundamento de la Analogía arriba dicha, con que se hallan los ángulos ó arcos horarios, vea la *fig.* 33. en la qual es ALEF el meridiano; la Equinoccial es LF; y sus polos y del mundo son A y E; y sea el círculo ADE por exemplo el de las 11 horas, con que el arco DF, medida del ángulo DAF, es 15 grad. Sea CB el horizonte, y será BA la altura de Polo, y el arco GB el que se busca para nuestro intento, el qual es medida del ángulo rectilíneo, que comprehenden las líneas de las 12 y de las 11, que son las secciones de dichos dos círculos con el plano del horizonte. Esto supuesto, segun reglas de Trigonometría son proporcionales: *Como el seno total, ú del quadrante AF: al seno del arco AB, altura de Polo: así la tangente del arco DF de* 15 *grad. á la tangente del arco GB, que se busca*, que es la Analogía arriba puesta, y así en las demas horas.

CAPITULO IV.

DE LOS QUATRO RELOXES VERTICALES Cardinales.

Reloxes verticales, son todos los que se describen en qualquiera plano vertical; pero entre ellos hay quatro, que por mirar á las quatro partes principales del mundo, llamo *Cardinales*. Dos de estos se describen en el plano del vertical primario; uno en la parte que mira al Mediodía; y otro en la opuesta que mira al Septentrion: el primero se llama *Austral* ó *Meridional*; y el segundo, *Septentrional* ó *Boreal*. Otros dos Reloxes se describen en el plano del Meridiano, que tambien es vertical: el uno en la parte que mira al Oriente; y el otro en la que mira al Occidente: y así aquel se llama *Relox Meridiano Oriental*; y el otro, *Meridiano Occidental*. La descripcion de estos Reloxes se contiene en las proposiciones siguientes.

PROP.


Estampa 2. Tom. 9.
fol. 48.

PROP. XII. Problema.

Describir el Relox meridional en el plano paralelo al vertical primario. (*fig.* 34.)

Este Relox se describe en el plano del vertical primario en la parte que mira al Mediodía, y por eso se llama *Meridional*; y se dice *no tener declinacion* por la razon misma, puédese describir de muchos modos, como el horizontal: los principales son los siguientes.

Modo 1. Tírese á plomo con un perpendículo la recta AL, que será la meridiana; y la horizontal HO perpendicular á AL: señálese en la horizontal la recta AC igual al Gnomon, y hecho centro en C, con qualquiera distancia hágase un arco de círculo, en el qual se tomará sobre la horizontal el arco DI, igual á la altura de polo; y hácia abaxo el arco DG igual á la altura de la Equinoccial; y tirando las rectas CIF, CGM, cortarán la meridiana en F y M; y el punto F será el polo del Relox; y el punto M pertenecerá á la Equinoccial: tírese por M la Equinoccial EQ; y por F la línea de las 6, paralelas entrambas á la horizontal HO.

Tómese ahora la ML igual á CM; y hecho centro en L, hágase un semicírculo, y divídase en 12 partes iguales: por estas divisiones tírense rectas ocultas del centro L, que cortarán la Equinoccial EQ en puntos, por los quales se tirarán del centro F del Relox las líneas de las horas, que se notarán con sus números, como se vé en la figura. El Gnomon se colocará en A perpendicularmente, y que sea igual á la AC; ó se fixará en F, de forma, que esté sobre la meridiana, y haga con ella ángulo igual á CFA. La demonstracion de esta práctica es respectivamente la misma que la del Relox horizontal en la *prop.* 6.

Modo 2. Es dividiendo la horizontal HO en la misma forma que dividen al horizonte los círculos horarios: téngase pues descrito en un papel un Relox horizontal; y tirada en la pared la meridiana y la horizontal, y determinada juntamente en ella la longitud AC del Gnomon, y hallado el centro F del Relox como ántes; se pasará la distancia

AC á la meridiana de A hasta B: ajústese ahora sobre el punto B el polo ó centro del Relox horizontal sobredicho de suerte, que su meridiana se ajuste sobre la meridiana BA: continúense las líneas horarias del Relox horizontal, hasta que corten la línea horizontal HO, y por las intersecciones se tirarán del polo F las líneas horarias, y quedará concluido el Relox. Esta division de la horizontal HO, que pasa por el pie A del Gnomon, consta de la *prop.* 1 de este libro.

Tambien se puede hacer este Relox por Trigonometría, como se dixo del horizontal, hallando los ángulos que forman las líneas horarias con la meridiana, en el plano del vertical primario. Puédense tambien tirar con mayor seguridad las líneas de las 4 y 5, y de las 8 y 7, tirando una paralela á la meridiana por el punto de las 9 ú de las 3, tomando en la Equinoccial, y dividiendo dicha paralela semejantemente, como lo está la Equinoccial, en los puntos de la 12, ú de las 11 y 10, en la misma forma que se hizo en el Relox horizontal en la *prop.* 10.

PROP. XIII. Problema.

Describir el Relox Septentrional en el plano del vertical primario. (*fig.* 35.)

El Relox que se delineó en la proposicion pasada, es aptísimo para señalar las horas; porque como esté en la superficie del plano del vertical primario que mira al Mediodía, goza todo el dia de la presencia del Sol, y solo en los dias mayores del año le faltan en nuestro clima dos horas de Sol por la mañana, y otras dos por la tarde; pero el que se describe en la superficie de este plano, que mira al Septentrion, solo puede señalar aquellas dos horas de la mañana y de la tarde, que le faltan al primero; llámase *Septentrional sin declinacion*, y se describe como se sigue.

Operacion. Sea el punto A el pie del Gnomon, por donde se tirará con el nivel la horizontal CI, y con el perpendículo la meridiana FE. Córtese la AC igual al Gnomon, y hecho centro en C, descríbase un arco de círculo, en el qual se tomará BD igual á la altura de polo, y BG á su complemento: y tirando la oculta CD hasta que corte la me-

meridiana en E, se tendrá E centro del Relox, el qual en este Relox cae debaxo la horizontal. Tírese por E la 6E6 paralela á la CI: tírese tambien la oculta CG hasta que corte la meridiana en F; y tirando la FH paralela á la horizontal, será la línea Equinoccial. Hecho esto, se hallarán los puntos horarios en la Equinoccial, tomando la FM igual á la FC, y del centro M se hará el semicírculo, como en la proposicion antecedente, dividido en 12 partes iguales; y tirando del centro M por sus divisiones líneas ocultas, darán los puntos horarios en la Equinoccial FH, por los quales se tirarán del polo E del Relox las líneas horarias, y quedará concluida la descripcion.

Si se quieren hallar los puntos horarios en la horizontal CI, se tomará AK igual al Gnomon AC; y puesto en K el centro de un Relox horizontal delineado en un papel, y ajustando su meridiana sobre la KA, se alargarán las líneas horarias del Relox horizontal hasta que corten la CI, y estos cortes serán los puntos horarios, por los quales se tirarán del polo E las líneas de las horas; pero se ha de advertir, que en este Relox las horas de la mañana se han de poner de A hácia I; y las de la tarde, de A hácia C.

El fundamento de este Relox es el mismo que el del antecedente, y aun bien considerado es el mismo; porque las líneas de las horas son las del otro, contenidas sobre la línea de las 6; solo tiene esto especial, que su centro está debaxo de la línea horizontal, y el exe del mundo forma el ángulo agudo con el plano á la parte de arriba; y en el meridional hácia abaxo, lo que es fácil de imaginar considerando, que el exe baxando del polo del mundo, traviesa la pared, como se vé en la *fig.* 20. y así es forzoso forme con ella los ángulos encontrados.

PROP. XIV. Problema.

Delinear el Relox vertical en el plano paralelo al Meridiano (fig. 36. y 37.)

Porque el plano del Meridiano tiene dos superficies, una que mira directamente al Oriente, y otra al Occi-

dente, se pueden delinear en él dos Reloxes, el uno *Oriental*, y el otro *Occidental*: llámanse entrambos *Laterales*, y tambien *Meridianos*, por estar en el plano de dicho círculo. Entrambos se describen con unas mismas reglas; solo la postura es diferente, como luego verémos. Su descripcion se puede hacer de tres maneras: ó por la línea Equinoccial; ó por la horizontal; ó por la del vertical primario.

Modo 1. *por la línea Equinoccial.* (*fig.* 36.) Sea A el punto donde se ha de fixar el Gnomon: tírese por A la horizontal HAC con un nivel; hágase el ángulo CAQ igual al complemento de la altura de polo, y la recta AQ será la Equinoccial. Este ángulo se hará hácia la derecha del que mira al plano del Relox, si la pared mira al Oriente; y á la siniestra, si mira al Poniente. Tírese la AM perpendicular á la Equinoccial AQ, y será la línea de las 6 horas, y en ella se tomará la AM igual al Gnomon; y el punto M será el centro de la division: hágase pues desde allí un semicírculo, como en los antecedentes, y dividiéndole en 12 partes iguales, se tirarán del centro N por las divisiones líneas ocultas á la Equinoccial, y quedará esta cortada en los puntos horarios, por los quales se tirarán las líneas horarias perpendiculares á la Equinoccial AQ, y quedará hecho el Relox: si este mira al Oriente, se pondrán los números de las horas de la mañana; y si al Poniente, las de la tarde.

Demonstr. Primeramente, así el plano del Horizonte como el de la Equinoccial son perpendiculares al plano del Meridiano: luego las secciones de aquellos planos con el del Meridiano, que son las rectas AC, AQ, comprehenderán entre sí el mismo ángulo que ellos, que es el de la altura de la Equinoccial sobre el horizonte ó complemento de la altura de polo, como se ha hecho. 2. La division de la Equinoccial en los puntos horarios explicada, consta de la *prop.* 1 de este libro, por pasar la Equinoccial por el pie del Gnomon. 3. Por ser así el círculo de la hora 6 como el plano del Meridiano perpendiculares á la Equinoccial, será la comun seccion MA del círculo de las 6 con el Meridiano ó plano del Relox, perpendicular á

la

la AQ, comun seccion de la Equinoccial con el plano del Relox; y por la misma razon serán todas las secciones de los demas círculos horarios perpendiculares á la misma AQ: luego las horas son paralelas.

De que se colige no haber en este Relox polo ó centro como en los demás, ni tampoco línea meridiana, por ser el plano del Relox el mismo Meridiano, y la sombra á las 12 horas paralela.

El Gnomon, cuya longitud se supuso ser AM, se fixará en A perpendicular al plano del Relox; y si se quisiere que señale las horas el exe del mundo, se fixará en la extremidad de dicho Gnomon una varilla de hierro, de longitud arbitraria paralela al exe; esto es, que sea perpendicular al Gnomon, y cayga directamente sobre la línea AM de las 6 horas.

Este Relox, es la mitad del Relox polar que se describió en la *prop.* 5.

Modo 2. *por la línea horizontal.* Tirada como ántes la horizontal HC, se tirará la perpendicular AB igual al Gnomon; y aplicando el centro de un Relox horizontal sobre el punto B, y su línea de las 6 sobre la BA, alargando las demas horas hasta la horizontal HC, quedará esta cortada en los puntos horarios: luego se hará el ángulo HAM igual á la altura de polo, y la AM será la línea de las 6, las demas horas se harán paralelas á esta, tirándolas por los puntos horarios que se notaren en la horizontal. En lo demas se observará lo mismo que en el modo antecedente. Consta de lo dicho en la *propos.* 12, *modo* 2.

Modo 3. *por la línea del vertical primario.* (*fig.* 37.) Tirada la horizontal AC, y señalado el punto A para pie del Gnomon, se tirará la recta AL perpendicular á HC, que será la comun seccion del plano del vertical primario con el plano del meridiano ú del Relox: córtese la recta AG igual al Gnomon, y el punto G será el centro de la division; y teniendo descrito en un papel el Relox vertical meridional que se explicó en la *prop.* 12, póngase su centro en G de suerte, que la línea de las seis horas cayga sobre la GA; y alargando las demas líneas de las horas hasta que corten la AL, quedará esta línea dividida en los puntos horarios, así sobre

bre la horizontal, como debaxo de ella: hágase el ángulo LAM igual al complemento de la altura de polo, y la AM será la línea de las 6. Este ángulo se hará á la siniestra del que mira el Relox, si este cae al Levante; y al contrario si cayere al Poniente. Tírense últimamente las demas horas paralelas á la AM por los puntos notados en la línea AL, y quedará concluido el Relox.

Demonstracion. Que la línea AL tirada á plomo sea la expresion del vertical primario en el plano del Relox, es claro; porque siendo entrambos planos perpendiculares al horizonte, es forzoso lo sea su comun seccion AL; (19. 11. Euc.) y como el vertical primario y el horizonte se corten en los puntos del verdadero Levante y Poniente, donde con entrambos se corta la Equinoccial, el punto A en que se cortan la horizontal AC, el vertical primario AL, y la Equinoccial EQ, será en el plano del Relox el punto del verdadero Levante ó Poniente. Sobre esta planta se ha hecho la division del vertical primario con un Relox vertical meridional, fundada en lo demonstrado en la *prop.* 1 de este libro: luego es constante la operacion.

CAPITULO V.

DE LA DESCRIPCION DE LOS RELOXES Verticales declinantes.

LOs cinco Reloxes que hasta ahora hemos descrito, es á saber, el Horizontal, Vertical primario, Meridiano, Polar y Equinoccial, se pueden llamar *Regulares*, por oponerse en qualquiera Region sus planos á un determinado punto del Cielo; pero el que ahora hemos de delinear, y otros de que tratarémos despues, se pueden llamar *Irregulares*, por ser varios los puntos del Cielo á que se pueden oponer sus planos. En este capítulo trato del Relox Vertical declinante, y de la declinacion de los planos en que se describe, todo lo qual se comprehende en las proposiciones siguientes.

PROP.

PROP. XV. Teorema.

Explícase la declinacion de los planos. (fig. 38.)

Un plano vertical, como por exemplo una pared, se dice que declina quando exîste en un plano distinto del vertical primario y del meridiano; y el ángulo que forma el vertical suyo con el primario es su *declinacion*, cuya medida es el arco del horizonte comprehendido entre dichos verticales.

La declinacion puede ser de Mediodía á Levante ó á Poniente, ú de Septentrion á Levante ó á Poniente, para cuya inteligencia véase la *fig.* 38. en la qual sea HO el corte, que hace el vertical primario con el horizonte, en el qual el punto H sea el que cae á Levante, y O á Poniente; sea MS la meridiana en el mismo plano horizontal, la qual es perpendicular á HO, cuyo punto M sea el meridional, y S el septentrional: sea CD la seccion de un otro vertical con el horizonte. Esto supuesto, la pared levantada á plomo sobre la planta HO carece de declinacion, por mirar directamente al Mediodía M segun una superficie, y segun la otra al Septentrion; pero la pared levantada sobre la planta CD es declinante, por no mirar directamente á dichos puntos, y su declinacion es el ángulo HEC, ú DEO, que son los que forma el vertical de la pared CD con el vertical primario ó plano de la pared HO: y segun este ángulo fuere mayor ó menor, se dice ser mayor ó menor la declinacion de la pared CD; y porque tirada la FEG perpendicular á CD, el ángulo SEG es igual al ángulo HEC, es tambien medida de la misma declinacion, como tambien FEM; y su alterno NFE en las paralelas FN, ME; y porque la EF cae entre M y H, esto es, entre Mediodía y Levante, la superficie de la pared CD, que mira al Mediodía, se dice declinar de Mediodía á Levante; y si la EF cayese entre M y O, esto es, entre Mediodía y Poniente, se diria declinar de Mediodía á Poniente: y en la otra superficie que mira al Septentrion, porque la EG cae entre S y O, esto es, entre Septentrion y Poniente, se dice declinar de Septentrion á Poniente: y si cayese entre S y H, se diria declinar de Septentrion á Levante. El modo

de

de hallar la cantidad de este ángulo, que es la declinacion, se explica en la proposicion siguiente.

PROP. XVI. Problema.

Hallar la declinacion de los planos: y su respecto á las quatro partes del mundo.

Operacion. Tómese el instrumento declinatorio, (*fig.*21.) de que se habló en la *propos.* 22 *lib.* 1, y aplíquese su lado DC á la pared ó plano, cuya declinacion se busca: muévase la alidada SN hasta que la brúxula se ponga sobre la línea que hay dentro de la píxîde; y el ángulo NSL será la declinacion de la pared, cuya medida es el arco LN del horizonte. Para conocer á qué parte es la declinacion, se observarán los ocho casos siguientes.

1 Si la punta de la brúxula mira hácia la pared DC, la pared mira al Mediodía; y en este caso, si la alidada cae sobre SL, la pared no tiene declinacion; y el Relox que en ella se habrá de describir será el meridional sin declinacion.

2 Si la punta de la brúxula, mirando tambien hácia la pared, cayere en el quadrante LP, la declinacion será de Mediodía á Levante.

3 Si cayere la punta á la pared, y en el quadrante LQ, la declinacion es de Mediodía á Poniente.

4 Si la cola de la brúxula cayere hácia la pared, mirará esta al Septentrion; y si la alidada cayere sobre SL, no tendrá la pared declinacion, y su Relox será Septentrional, no declinante.

5 Si cayendo la cola de la brúxula hácia la pared, la alidada cortase el quadrante LP, la declinacion será de Septentrion á Poniente.

6 Si cayendo la cola de la brúxula hácia la pared, la alidada cortare el quadrante LQ, la declinacion será de Septentrion á Levante.

7 Si la alidada cayere sobre la SP, será paralela á la pared, y esta estará en el plano del meridiano; y si la punta de la brúxula cayere á la derecha del que mira á la pared, mirará aquella superficie al Levante, y en ella se describirá el Relox oriental.

Si

8 Si en la postura sobredicha la punta de la brúxula cayere á la izquierda del que mira la pared, aquella superficie mirará al Poniente.

Si se quisiere aplicar á la pared el lado AB del instrumento, todo lo sobredicho, en quanto á la declinacion en los números 2, 3, 5 y 6, se ha de tomar en los mismos quadrantes; aunque el que estaba á la diestra vendrá á la siniestra, y al contrario.

PROP. XVII. Problema.

Hallar la línea meridiana en los planos verticales, y juntamente la declinacion. (fig. 39. y 40.)

Operacion. Hallada por la *propos.* 21 *lib.* 1 la línea meridiana en el plano horizontal, se tendrá clavado en la pared el Gnomon que ha de servir para el Relox; y al mismo tiempo que la sombra del Gnomon, puesto en el plano horizontal, cae sobre su meridiana; obsérvese la extremidad de la sombra del Gnomon que se fixó en la pared, y nótese con un punto, que en la *fig.* 40. supongo sea Q. Tírese con el plomo una recta perpendicular PQ por el punto Q notado, y esta será la meridiana. Tambien tírese por el pie B del Gnomon la BP perpendicular á la PQ, y será la horizontal: del pie B del Gnomon tírese la BA perpendicular á la horizontal é igual al Gnomon, y tirando la AP, será el ángulo BAP la declinacion de la pared; (15.) advirtiendo, que si el plano de la pared tiene el Gnomon á la izquierda de la meridiana, respecto del que mira la pared, la declinacion será á Levante; y si á la derecha, á Poniente: al contrario si el plano mirase al Septentrion.

Si no se quisiere esperar á que la sombra del Gnomon, puesto en el plano horizontal cayga sobre su meridiana, se obrará como se sigue.

Operacion. Fig. 39. Tírese en la pared por el pie F del Gnomon la línea horizontal EN larga á discrecion; y á qualquiera hora del dia obsérvese, así en el plano horizontal, cuya meridiana es AB, como en el vertical, al mismo tiempo la extremidad de la sombra; y sea por exemplo, en el horizontal la sombra AC observada ántes del mediodía;

y

y en el vertical la sombra FD. Nótese con un punto su extremidad D, y con el plomo tírese la perpendicular ED por dicho punto, la qual representará el vertical en que entónces se halla el Sol. Tírese la FG igual al Gnomon EP, y perpendicular á la horizontal EN; y haciendo centro en G, descríbase el arco HIO, y tírese la recta EG: con el mismo intervalo descríbase desde el centro A el arco CL: córtese el arco HI igual al arco BC, y tírese la GIK, y por el punto K tírese la perpendicular K12, y esta será la meridiana.

Demonstr. El vertical en que se halla el Sol al tiempo de la observacion, se denota en el plano horizontal con la línea AC, seccion comun de entrambos planos: con que el ángulo CAB es el ángulo que hace dicho vertical con el Meridiano. Siendo pues el arco HI igual á BC, el segmento EK (1.) tendrá tantos grados gnomónicos, quantos hay en HI ó BC, que son los que faltan hasta el meridiano: luego el puntó K es el en que corta el meridiano la horizontal: luego la K12 es la meridiana, que por suponerse hecha la observacion por la mañana, cae del punto K hácia la izquierda del que mira la pared.

Si la observacion se hiciere despues del mediodía, se haria la misma operacion, pero al contrario. Sea pues hecha la observacion por la tarde, y la sombra en el plano horizontal sea AL, y en el vertical sea FM: tirada la perpendicular NM y la recta GN, se cortará el arco OI igual á LB; y tirando la GIK se tendrá el punto K, por el qual se tirará la meridiana K12 como ántes.

PROP. XVIII. Problema.

Hallar la línea meridiana en los planos verticales, sin dependencia del plano horizontal. (*fig.* 41.)

Operacion. Fixado en la pared el Gnomon GO, se tomará por la mañana á qualquiera hora la altura del Sol con un quadrante, como se dixo en la *propos.* 11 del *lib.* 1, y al mismo instante nótese la extremidad de la sombra que hace el Gnomon, y sea por exemplo el punto R.

Tí-

Tírese por R la perpendicular QR : obsérvese varias veces por la tarde la altura del Sol con el quadrante, hasta que se encuentre otra altura igual á la que se observó por la mañana ; y nótese al mismo tiempo la extremidad de la sombra que supongo sea T : tírese por el punto T la perpendicular HT. Hecho esto del punto G, pie del Gnomon, déxese caer la perpendicular GC igual al Gnomon GO ; y hecho centro en C, hágase con qualquiera abertura de compas el arco NP, y tírense las rectas CQ, CH : divídase el arco NP por medio en S, y tirando la CS, cortará la horizontal QH en M : tírese por M la perpendicular M12, y esta será la meridiana.

Demonstracion. Las perpendiculares QR, HT son las secciones de los verticales con la pared, en los quales tenia el Sol igual elevacion : luego estos verticales distan igualmente del meridiano ; pero dividiendo el arco NP por medio en S en la forma dicha, se halla (1.) el punto M que gnomónicamente dista igualmente de los puntos Q y H de dichos verticales : luego el punto M es el punto meridiano, y la perpendicular M12 es línea meridiana.

PROP. XIX. Problema.

Dado el Gnomon, y la declinacion de la pared, determinar la meridiana : y dada la meridiana y la declinacion, determinar el punto donde se ha de fixar el Gnomon : y asimismo, dado el Gnomon y la meridiana, determinar la declinacion (fig. 42.)

Primeramente se ha de advertir, que la pared tiene la línea meridiana á la misma parte á que declina ; esto es, si declina del Mediodía á Levante, tiene la Meridiana mas oriental que el Gnomon, ó apartada del Gnomon hácia el Oriente ; al contrario, si declinare á Poniente: y asimismo, si la declinacion es de Septentrion á Levante, la línea de la media noche está mas á Levante que el Gnomon ; y al contrario, si declinare al Poniente. Esto supuesto,

1 Sea dada la longitud del Gnomon, y sea AB, cuyo

yo pie se ha de fixar en A; y sea la declinacion de la pared del Mediodía á Levante 30 grados: pídese se tire la meridiana. *Operacion.* Tirada la horizontal AC, y la perpendicular AB igual al Gnomon, hágase el ángulo ABC de 30 grados quanta es la declinacion; y el punto C determinará la meridiana: tírese pues por C la línea CD á plomo, y esta será la meridiana que se desea. La razon es, porque si se considera levantado el Gnomon AB, de suerte que esté perpendicular á la pared, el ángulo ABC que forma la línea BC con el Gnomon, y va al punto C comun á la horizontal y meridiana, es igual á la declinacion de la pared, como se dixo en la *prop.* 15; luego haciendo dicho ángulo igual á la declinacion, se tendrá el punto C por donde se ha de tirar la meridiana.

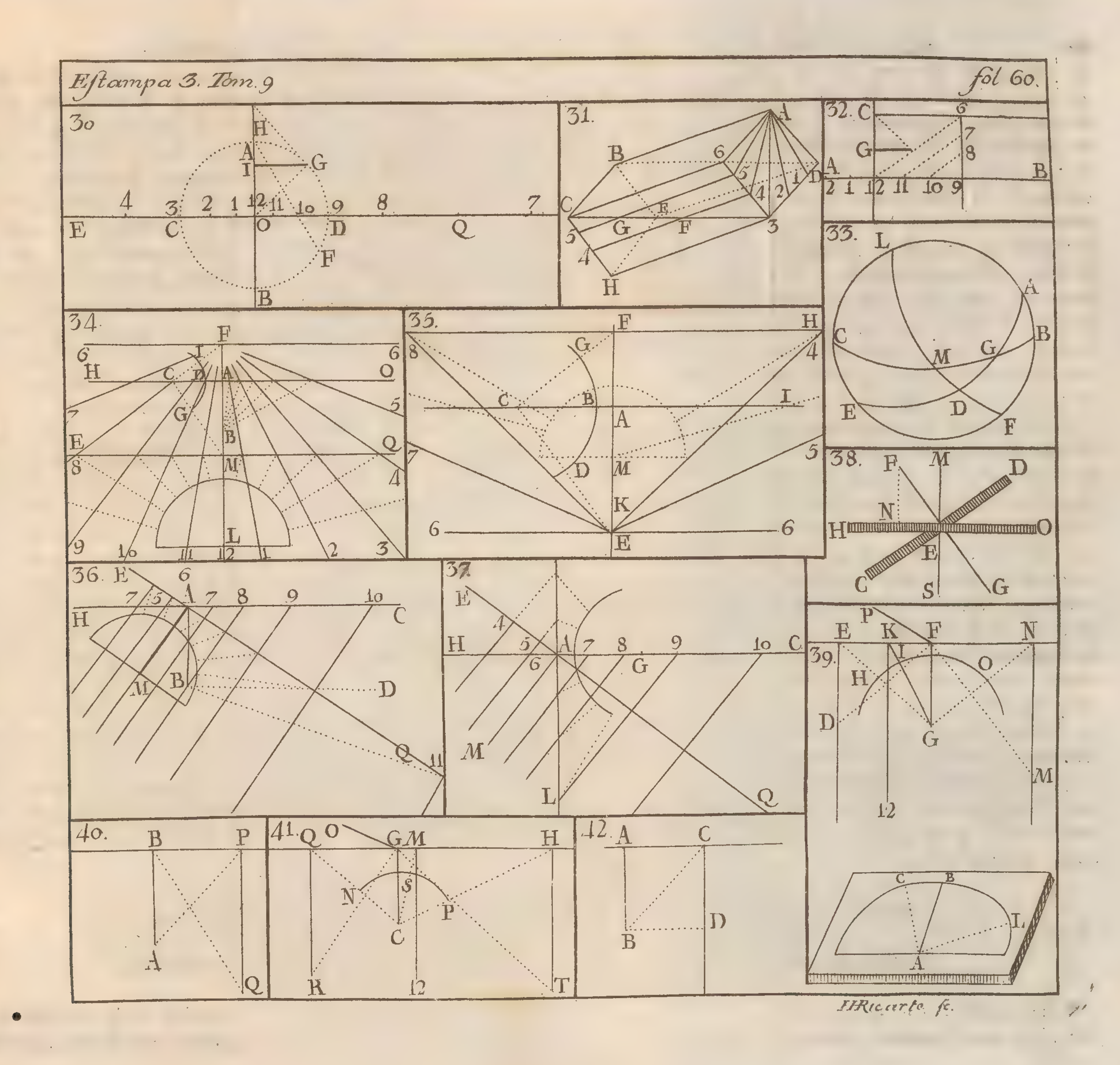
2 Sea dada la meridiana CD; esto es, sea dado en la horizontal el punto meridiano C; y sea dada la declinacion, por exemplo, de 30 grados á Levante: pídese el punto donde se ha de fixar el Gnomon. *Operacion.* Hágase el ángulo DCB de 30 grados á la siniestra del que mira la pared, para que estando el Gnomon á la parte de Poniente quede hácia Levante la meridiana: córtese CD igual á la longitud del Gnomon: tírese la DB paralela á AC; y del punto B en que corta á la CB, tírese la BA perpendicular á AC, y el punto A será el en que se ha de fixar el Gnomon. Consta de lo dicho, porque (27. 1. Euc.) el ángulo ABC es igual á su alterno BCD, que es la declinacion: luego siendo C el punto meridiano, es A el pie del Gnomon; y siendo A pie del Gnomon, es C el punto meridiano.

3 Sea dada la longitud AB del Gnomon, y la meridiana CD: pídese la declinacion de la pared. *Operacion.* Tírese la BC, y el ángulo ABC ó BCD será la declinacion como queda dicho.

PROP. XX. Problema.

Hallar la línea substilar.

Línea substilar es la que pasa por el Polo del Relox, y por el pie del Gnomon: y como el Polo del Relox sea la expre-


Estampa 3. Tom. 9
fol 60.
30
31.
32.
33.
34.
35.
36.
37
38.
39.
40.
41.
42.
J.Ricarte fc.



presion gnomónica del polo del mundo, es dicha línea la seccion que hace en el plano del Relox un círculo máxîmo, que pasa por los polos del mundo, y es perpendicular al plano del Relox: de que se infiere, que en todos los planos á quienes es perpendicular el meridiano, como son los horizontales y verticales sin declinacion, la línea substilar no se distingue de la meridiana; pero en las demas la substilar y meridiana son diferentes líneas; y como qualquiera plano vertical, aunque sea declinante, sea paralelo al horizonte de alguna otra region del mundo, se sigue, que la substilar es la línea meridiana del plano horizontal de la region sobredicha; y por consiguiente se hallará la substilar en qualquiera plano vertical, sin dependencia del centro del Relox, de la misma manera que se halló en la *propos.* 12 *lib.* 1 la meridiana en el plano horizontal.

Póngase pues un Gnomon perpendicular al plano de qualquiera pared en el centro de un círculo, y como unas dos horas ántes del mediodía obsérvese quando toque la extremidad de su sombra la periferia del sobredicho círculo, y nótese allí un punto; y quando por la tarde vuelve otra vez á tocar su extremidad en el mismo círculo, nótese otro punto: divídase por medio la distancia que hubiera entre estos dos puntos; y tirando por esta division y el centro del círculo una línea, será la substilar, como consta de lo arriba dicho. Este modo es muy fácil y seguro; pero no tiene lugar en los planos muy declinantes, por no tocar dos veces la extremidad de la sombra en el círculo sobredicho: mas regularmente no es menester valerse de esta práctica, por hallarse casi siempre primero el centro del Relox, con que tirando una recta de dicho centro por el pie del Gnomon, se tiene la substilar, como se verá en muchas prácticas que se siguen.

PROP. XXI. Problema.

Describir el Relox Astronómico en una pared meridional declinante. (*fig.* 43.)

Supónese ya sabida por las proposiciones antecedentes la declinacion de la pared, y juntamente la longitud del Gno-

Gnomon: esto supuesto, se obrará como se sigue. *Operacion.* Sea elegido el punto A para pie del Gnomon: tírese por A la horizontal AC con el nivel; y la AB perpendicular á AC é igual al Gnomon: hágase el ángulo ABX igual á la declinacion de la pared; y por el punto X en que la BX corta la horizontal, tírese la perpendicular ZX12, que por la *propos.* 19 será la meridiana: esta se ha de tirar á la diestra del que mira la pared, si esta declina del Mediodía á Levante; y al contrario si declinare del Mediodía al Poniente: en este exemplo se supone declinar al Levante.

Tirada pues la meridiana Z12, es menester señalar en ella dos puntos: el uno es el centro ó polo del Relox; y el otro es el punto de la Equinoccial; y porque la meridiana no pasa ahora por el pie del Gnomon, se obrará por la *propos.* 2 en esta forma: tómese con el compas la XB, y pásese de X hasta C: hágase en C sobre la XC el ángulo XCZ igual á la altura de Polo; y el punto Z será el polo del Relox: tírese la CQ perpendicular á CZ, y el punto Q, en que corta la meridiana, será el de la Equinoccial. Del punto B sáquese la BE perpendicular á BX, y (1.) este será el punto de la Equinoccial en la horizontal, y tirando la EQ larga á discrecion, será la Equinoccial.

Del polo del Relox Z por A, pie del Gnomon, tírese la ZA, y esta será la substilar: hágase la AD perpendicular á ZA é igual al Gnomon, y tírese la ZD, que será el exe del mundo, segun otras veces se ha dicho: tírese la DO, y esta será el semidiámetro de la Equinoccial. Y se ha de advertir, que si no hubiere errado la operacion, la DO será perpendicular á la ZD, y la EQ á la ZO: lo que conviene se exâmine para que salga puntual el Relox.

Solo falta ahora tirar las líneas horarias, lo qual se puede conseguir de tres modos, ó dividiendo en puntos horarios la Equinoccial EQ, ó la horizontal EC, ó el vertical primario.

Modo 1. dividiendo la Equinoccial. Tómese en la substilar la ON igual á la OD, y el punto N será el centro de la division, y haciendo centro en N, hágase un círculo, y tírese la oculta NQ; y si el punto Q no se pudiese hallar por su gran distancia, tírese la NE y su perpendicular

RNQ,

RNQ, y quedará dividido el círculo en quatro quadrantes: divídase cada quadrante en seis partes iguales; y del centro N, por las divisiones, tírense líneas ocultas, que cortarán la Equinoccial en los puntos horarios, por los quales se tirarán del polo Z del Relox las líneas horarias, á quienes se pondrán los números de las horas con el órden que se vé en la figura; esto es, si el Relox declina de Mediodía á Levante, en la parte que hubiere mas horas se pondrán las de la mañana; y al contrario, si declina al Poniente. El Gnomon puesto en A, é igual á la AD, perpendicular á la pared, señalará con la extremidad de la sombra las horas; pero si se pone en el centro, de suerte que pase perfectamente por la extremidad D del Gnomon AD, señalará las horas, segun toda su sombra.

Modo 2. dividiendo la línea horizontal. Póngase el centro ó polo de un Relox horizontal en el punto B, y su meridiana ajústese perfectamente sobre la BX; y extendiendo sus líneas horarias hasta la horizontal EC, quedará esta dividida en los puntos horarios, por los quales se tirarán del centro Z las líneas horarias.

Modo 3. dividiendo la línea del vertical primario. Por el punto E, en que la Equinoccial corta á la horizontal, tírese la VE, larga á discrecion, perpendicular á la EC, y será la interseccion de la pared con el vertical primario, con que quedará este representado en dicha línea, cuya division se hará como sigue. Tómese con el compas la EB, y pásese de E á &; y el punto & será el centro de la division: póngase el centro de un Relox vertical meridional sin declinacion en &, de suerte que su línea de las seis concuerde con la &E; y extendiendo las demas líneas horarias de dicho Relox, cortarán la VEm en los puntos horarios, por los quales se tirarán del centro Z las líneas horarias. Consta todo esto de lo demonstrado en las proposiciones antecedentes; y así no repito la demonstracion.

PROP.

PROP. XXII. Problema.

Describir el Relox Astronómico en una pared septentrional declinante. (*fig.* 44.)

La fábrica de este Relox, es la misma que del antecedente, solo que los ángulos que en aquel se formaban sobre la horizontal, en este se forman debaxo de ella; y los que allí se formaban debaxo, aquí se hacen arriba, por estar el polo del Relox debaxo de dicha línea. Sea pues la horizontal CA, y sea A el punto donde se ha de fixar el Gnomon, cuya longitud sea AB: levántese AB perpendicular á CA: hágase el ángulo ABX igual á la declinacion de la pared; y el punto X será el de la línea de la media noche, que es la perpendicular XZ. Este ángulo se formará á la siniestra del que mira la pared, si la declinacion fuere á Levante, como en este exemplo; y á la diestra, si fuere la declinacion á Poniente: hágase XC igual á XB, y fórmese debaxo la horizontal el ángulo XCZ igual á la altura de Polo, y se tendrá el punto Z polo del Relox: sáquese la CQ perpendicular á CZ, y se tendrá el punto Q por donde ha de pasar la Equinoccial: tírese la ZA, que será la substilar: levántese la AD igual al Gnomon, y perpendicular á la substilar; y tirando la ZD será el exe del mundo; tírese la BE perpendicular á XB, y será E el punto de la Equinoccial en la horizontal; y tirando la QE será la Equinoccial, que si se ha obrado bien, será perpendicular á la substilar ZA. Del pnnto D sáquese la DO perpendicular al exe del mundo ZD, que cortará la substilar en O, punto en que la corta la Equinoccial, si se hubiere obrado con acierto: tómese ON igual á OD; y hecho centro en N, hágase un círculo, y tírese la NQ, y la EN, que será perpendicular á NQ, si no hay yerro, y quedará dividido el círculo en quatro quadrantes: divídase cada uno en seis partes iguales; y tirando el centro N líneas ocultas por las divisiones, darán en la Equinoccial los puntos horarios, por los quales se tirarán del polo Z las líneas de las horas, y quedará hecho el Relox: los números de las horas se colocarán, como se vé en la figura, y se dixo en la

prop.

proposicion antecedente. Tambien se pueden describir las líneas horarias, dividiendo la horizontal ó el vertical primario, como en el Relox antecedente.

PROP. XXIII. Problema.

Delinear el Relox vertical sin declinacion, quando es muy crecida la altura de polo. (*fig.* 45.)

Si en el caso propuesto, y en el de la proposicion siguiente usamos de las reglas arriba dichas, se encontrará gran dificultad en hallar el centro del Relox por su gran distancia; porque muchas veces estará fuera de la pared, al qual inconveniente se ocurre con la regla siguiente.

Supongamos, que en altura de polo de 80 grados se ha de hacer un Relox vertical sin declinacion del Mediodía. *Operacion.* Por el punto A, pie del Gnomon, tírese á plomo la meridiana A12, y hágase su perpendicular AB igual al Gnomon: hágase el ángulo ABE igual á la altura de polo, que es 80 grados. Tírese la BQ perpendicular á BE, y por Q hágase la NQL perpendicular á la meridiana, y esta será la Equinoccial. Prolónguese la EB á discrecion, y arbitrariamente nótese en ella el punto T, del qual se tirará la TS perpendicular á BT, y por S tírese la VSH perpendicular á la meridiana, y será otra Equinoccial. Tómese la SX igual á ST, y la QR igual á QB, y haciendo centro en los puntos R y X, háganse unos semicírculos, que se dividirán en 12 partes iguales; y tirando de R rectas ocultas por dichas divisiones, hasta que corten la Equinoccial NL; y asimismo del centro X, hasta que corten la Equinoccial VH, quedarán entrambas divididas en sus puntos horarios: y tirando rectas de los puntos de la una Equinoccial á los correspondientes en la otra, serán las líneas horarias, y quedará concluido el Relox sin dependencia de su polo ó centro. Fúndase esto, en que estando entrambas equinocciales divididas semejantemente segun las reglas dadas, las líneas horarias van encaminadas á un mismo punto, que es el centro del Relox.

PROP. XXIV. Problema.

Delinear el Relox vertical declinante, quando es muy grande su declinacion. (fig. 46.)

Supongo que se ha de hacer un Relox en una pared, que declina del Mediodía á Levante 55 grados, cuyo centro necesariamente ha de estar muy distante. *Operacion.* Hágase aparte un quadrante de círculo XYZ de suerte, que YZ sea igual al Gnomon AB: córtese el arco XD igual á la declinacion, que es 55 grados, y tírese DE paralela á ZY: hágase XG tambien paralela á ZY, y cortando el arco XF igual á la altura de polo, que supongo sea 40 grados, tírese por F la YG, y quedará formado un analema. Hecho esto,

Por el pie A del Gnomon tírese la horizontal IZ, y su perpendicular AB igual al Gnomon, la qual se tirará hácia abaxo, si el Relox mira al Mediodía; y hácia arriba, si mira al Septentrion. Tómese AI en la horizontal igual á la DE del analema: esta se pondrá á la izquierda del que mira á la pared, si la declinacion fuere de Mediodía á Levante, ú de Septentrion á Poniente; y á la derecha, si la declinacion fuere de Mediodía á Poniente, ú de Septentrion á Levante: tírese por la I la recta IM, paralela á AB, é igual á la XG del analema: por el punto M tírese MT paralela á IZ: tómese la MN igual al Gnomon AB, á quien se añadirá la línea NQ igual á la EY del analema, y será MQ un otro Gnomon; advirtiendo, que si la AB estuviere sobre la IZ, tambien lo habria de estar la IN.

Despues de lo dicho se tirará la AM, que será la substilar, á la qual se harán perpendiculares las AF, MP de modo, que AF sea igual á AB, y la MP á MQ; y tirando la FP será del exe del mundo, á quien de P y F se sacarán las perpendiculares PR, FS, que cortarán á la substilar AM en R y S: tírense por estos puntos las RK y SV perpendiculares á la AM, y serán las equinocciales: tómese la RY igual á RP, y la SL igual á SF; y hecho centro en Y y L, descríbanse los semicírculos: tírense las YO, LO por las intersecciones O, O de cada Equinoccial con su horizontal,

y

y si no se hubiere errado la delineacíon, pasarán por las secciones de las rectas OQ, OB, tiradas por los puntos O, O y Q, B, que forman en la extremidad de cada Gnomon los ángulos OQM, OBA iguales al complemento de la declinacion.

Divídanse ya los semicírculos del modo acostumbrado, empezando de las rectas YO, LO, y tirados los radios por las divisiones de cada círculo, quedará en cada uno cortada su Equinoccial en los puntos horarios: y tirando rectas de las divisiones de la una á las correspondientes de la otra, serán las líneas horarias, y quedará concluido el Relox, cuyo Gnomon se podrá poner en A perpendicular á la pared, é igual á AB; ó en M é igual á MQ: y si puestos entrambos pasare por sus extremidades una varilla de hierro, será este el exe del mundo, y señalará, segun toda su sombra, las horas. El fundamento de esto es el mismo que dixe en la proposicion antecedente.

PROP. XXV. Problema.

En qualquiera plano vertical, dada la substilar y la altura de polo, hacer el Relox. (*fig.* 47.)

Supóngase, que en un plano vertical se ha hallado la substilar AC, y que la altura de polo es por exemplo 40 grados, pídese se describa el Relox.

Operacion. Tírese la horizontal NL larga á discrecion, y la perpendicular AB igual al Gnomon: exâmínese si la pared mira al Mediodía ó al Septentrion, y si declina á Levante ó á Poniente, lo que será fácil de conocer en comun por diferentes circunstancias, y con esto se sabrá si el polo del Relox ha de estar sobre la horizontal ó debaxo de ella, y si la meridiana ha de estar á la diestra ó á la siniestra respecto del Gnomon: supongamos pues que el polo del Relox ha de estar sobre la horizontal, y que la meridiana ha de estar entre A y L: con esto se obrará, como por falsa posicion, en esta forma.

Escójase arbitrariamente el punto E como polo del Relox, y tírese con el plomo la EF como meridiana: hágase

el ángulo FEG igual al complemento de la altura de polo; y haciendo centro en E con la distancia EG, descríbase el arco de círculo GH, el qual cortará el Gnomon AB, ó entre B y A, ó mas abaxo de B, ó no le cortará: si no le cortare será el plano Meridiano, y por consiguiente no puede hallarse en él el polo: si cortare la AB, como por exemplo en H, tírese la línea HF, y su paralela BI, y por I con el plomo se tirará la KI, que será la verdadera meridiana, y el punto K será el centro del Relox, que se proseguirá como los antecedentes. Fúndase esto en la proporcionalidad de los triángulos AHF, ABI, &c. como se puede colegir de las proposiciones pasadas. Si la pared mirare al Septentrion, se obrará de la misma manera; solo que por caer el polo baxo de la horizontal, se ha de delinear sobre ella lo que en la sobredicha se describió debaxo, como lo enseñará la misma práctica.

PROP. XXVI. Problema.

Dada la Equinoccial en un plano vertical concluir el Relox. (*fig.* 48.)

Sea dada en un plano vertical la Equinoccial EQ; sea CD la longitud del Gnomon perpendicular á la horizontal EC: por el punto C, pie del Gnomon, tírese la CB larga á discrecion perpendicular á la Equinoccial EQ, y será la substilar, como se colige de lo dicho en la *prop.* 20. Tírese la CF paralela á la Equinoccial é igual al Gnomon CD: tómese la hipotenusa BF, y pase de B hasta G, y este punto G será el centro de la division de la Equinoccial en sus puntos horarios: si la Equinoccial fuere paralela á la horizontal EC, la substilar y meridiana serian una misma línea; pero cortando como en este exemplo á dicha horizontal en E, será E el punto de la hora sexta, ú del verdadero Levante ó Poniente: tírese pues la recta EG, y la GH perpendicular á EG, y el punto H será el de las 12. Tírese pues por H con el plomo la KH, y será la meridiana; y el punto K en que corta á la substilar será el polo ó centro del Relox; y se concluirá por las prácticas antecedentes.

Demonstr. Como el punto G sea el centro de la division de

de la Equinoccial EQ, y el ángulo EGH sea recto, la EH constará de 90 grados gnomónicos; pero del punto del verdadero Levante al del Meridiano hay tambien 90 grados de Equinoccial: luego siendo E el punto del verdadero Levante, será el punto H en la Equinoccial el del Meridiano, y por consiguiente la HK es la meridiana; y el punto K, en que esta corta á la substilar, es el polo del Relox. Esta práctica será de grande utilidad para los Reloxes inclinados, como luego verémos.

CAPITULO VI.

DE LA DESCRIPCION DE LOS RELOXES en planos inclinados.

PLanos inclinados son los que ni son horizontales ni verticales, y por consiguiente forman ángulo obliqüo con el plano horizontal; y este ángulo obliqüo es su inclinacion, aunque algunos Autores llaman inclinacion al ángulo obliqüo que forman dichos planos con el plano vertical; pero esto importa muy poco, supuesto que el un ángulo de los sobredichos es complemento del otro al quadrante. Los planos inclinantes, á mas de la inclinacion, pueden tambien tener declinacion, y así se dividen en declinantes y no declinantes; y en cada uno se pueden hacer dos Reloxes, el uno en la superficie superior, y el otro en la inferior.

PROP. XXVII. Problema.

Hallar la inclinacion y declinacion de los planos. (*fig.* 49.)

Sea EF un plano inclinado, cuya inclinacion y declinacion se desea saber. *Operacion.* Aplíquese sobre el plano un nivel con su plomo, y en ajustándose el plomo al medio del nivel, tírese por el pie de este una línea, que será la horizontal, y supongamos sea AB: córtese esta con una otra CD perpendicular á ella, y aplíquese el nivel sobre la CD, y véase quántos grados corta el plomo, y estos serán el valor del ángulo de la declinacion del plano: aplí-

aplíquese ahora el instrumento ó semicírculo declinatorio á la recta AB, en la forma que dixe en la *prop.* 16 haberse de aplicar á los planos verticales para saber su declinacion, y quedará esta conocida en los planos inclinados; porque su declinacion es la misma que tendria el plano vertical que pasase por la línea AB, ó se erigiese á plomo sobre ella.

PROP. XXVIII. Problema.

Dado el Gnomon, hallar en un plano inclinado el punto del Zenit y la línea horizontal. (*fig.* 50.)

Sea el plano inclinado CD, y el Gnomon perpendicular al plano sea AB: pídense el punto del Zenit y la línea horizontal en dicho plano. *Operacion.* Del punto B, extremidad del Gnomon, échese un plomo, y el punto G en que tocare el plano, será el punto del Zenit; porque si el Sol se pusiese en el Zenit, la sombra de la extremidad B del Gnomon caeria en el punto G; pero por quanto el plomo no puede dar con toda precision el punto G, se usará de la regla EF con su plomo pendiente de S, y una línea ST paralela á la EF; y aplicando el lado EF á la extremidad B del Gnomon, se dispondrá de suerte, que la plomada cayga sobre la ST, y entónces el punto F dará precisamente el punto G del Zenit; y la recta RT, que pasando por el Zenit es perpendicular á la IG, será la del verdadero Orto y Ocaso y del vertical primario. Hallado el punto G, tírese por el pie A del Gnomon la recta GAI larga á discrecion; y del mismo punto A sáquese la AH perpendicular á GA é igual al Gnomon: tírese la línea GH y su perpendicular HI, y el punto I pertenecerá al horizonte: tírese pues por I la KI perpendicular á GI, y será la horizontal.

Demonstr. Como la recta GAI pase por el punto G del Zenit, es comun seccion de un círculo vertical con el plano, y segun la operacion queda dividida en los puntos G, I, segun la *prop.* 1, desde el centro H; y como el ángulo GHI sea recto, su medida es 90 grados: luego de G á I hay 90 grados gnomónicos; pero del Zenit al horizonte

hay

hay tambien 90 grados : luego siendo G el Zenit , es I el punto del horizonte ; y la KI perpendicular á IG es la línea horizontal, como consta de la proposicion citada.

COROLARIO.

El ángulo AHG ó su igual AIH es igual al ángulo PCO , que es el de la inclinacion del plano ; y el ángulo AGH ó su igual AHI es igual al que forma el plano inclinado con el vertical ; porque el ángulo AGH es igual al ángulo BGA , que sólo se diferencian en que aquel está en el plano inclinado , y este en el vertical; pero el ángulo BGA es igual al ángulo CPO ó QCP, alternos en las paralelas QC , PO ó BG , PO : luego el ángulo AGH es igual al ángulo CPO , que forma el plano inclinado con la vertical PO ; y por consiguiente su complemento AHG es igual al ángulo PCO de la inclinacion : con que sabido el ángulo de la inclinacion PCO , si se hace el ángulo AHG igual á PCO , se tendrá el Zenit G ; y sacando la perpendicular HI, se sabrá el punto I de la horizontal ; y de esta práctica usarémos en las proposiciones siguientes.

PROP. XXIX. Problema.

Hallar la línea meridiana en los planos inclinados. (*fig.* 51.)

Puédese hallar la línea meridiana en los planos inclinados de diferentes maneras.

Modo 1. Sea la AF igual al Gnomon , y la horizontal hallada por la proposicion antecedente sea EL , y el Zenit C : aplíquese el instrumento declinatorio á la horizontal EL, y obsérvese con cuidado el ángulo GHI de la declinacion: alárguese ahora la recta CAD , que es perpendicular á la horizontal EL , y hágase la DK igual á la hipotenusa FD, y el punto K será el centro de la division de la horizontal EL. (2.) Hágase el ángulo DKL igual al ángulo GHI y á la misma parte , y se tendrá en la horizontal el punto L por don-

donde pasa el Meridiano; y como este tambien pase por el Zenit C, tírese la recta CL y será la meridiana.

Modo 2. Puesto perpendicularmente sobre la meridiana en un plano horizontal un Gnomon, obsérvese el tiempo en que su sombra cae sobre la meridiana, y al mismo tiempo nótese en el plano inclinado con un punto la extremidad de la sombra de su Gnomon, y supongo sea el punto M: tírese del Zenit C la línea CM, y esta será la meridiana por la misma razon que en los planos verticales, *prop.* 17.

Modo 3. Obsérvense en un mismo dia dos sombras, una por la mañana, y otra por la tarde, al tiempo que el Sol tiene una misma altura sobre el horizonte, y nótense sus extremidades en los puntos O y P: tírense por estos puntos del Zenit C los verticales CON, CPQ; y del punto K hallado como ántes, tírense las líneas KN, KQ: divídase por medio el ángulo NKQ con la recta KL, y el punto L será el que en la horizontal pertenece al Meridiano: tírese pues la CL y será la meridiana. Consta de lo dicho en la *prop.* 18.

COROLARIO.

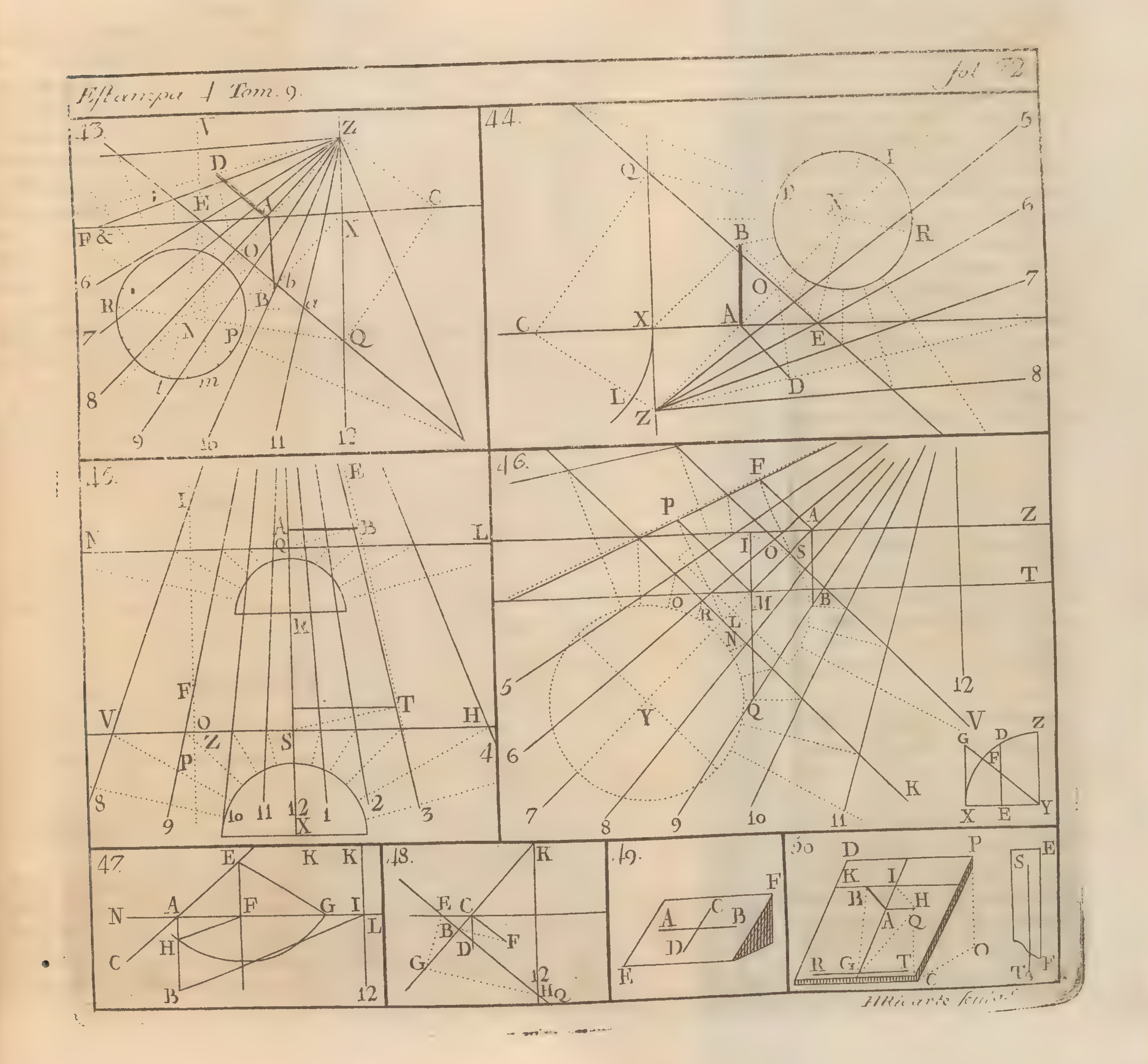
Quando el plano inclinado carece de declinacion, la línea meridiana será la misma CAD, que pasa por el pie del Gnomon, como consta de lo dicho en los demas planos que no declinan.

PROP. XXX. Problema.

Propónense algunas reglas para la descripcion de los Reloxes en los planos inclinados sin declinacion. (*fig.* 52.)

Para la descripcion de estos Reloxes, se observarán generalmente las reglas siguientes.

1 Si el plano mirare directamente al Mediodía, y su inclinacion fuere menor que la altura de polo sobre el Horizonte, la inclinacion hallada se restará de la sobredicha altura, y el residuo será la altura de polo sobre el plano inclinado, y sobre este se delineará por las reglas ordina-


Estampa 4 Tom. 9.
fol. 72
43.
44.
45.
46.
47.
48.
49.
50.
J. Ricarte fecit

narias del *cap*. 3. el Relox horizontal propio de aquella altura de polo. *Exemplo.* La altura de polo en Valencia es 39 grados 34 min. si el plano inclinado tuviere 20 grados de inclinacion, se restarán 20 de 39 grados 34 min. y el residuo 19 grados 34 min. será la altura de Polo sobre el plano del Relox; y así se describirá allí el Relox horizontal, que sirve en las tierras que tienen 19 grados 24 min. de altura de Polo sobre su horizonte. La razon es, porque dicho plano inclinado es paralelo al plano horizontal de aquella region, por entrar el exe del mundo con iguales ángulos en entrambos planos.

2 Si el plano mirare directamente al Mediodía, y tuviere inclinacion igual á la altura de Polo de aquella region, se delineará en él el Relox polar segun la *prop*. 5.

3 Si el plano mirare directamente al Mediodía, y tuviere mayor inclinacion que la altura de Polo de aquel lugar, se añadirá el complemento de la inclinacion á la altura de Polo, y la suma será la altura de Polo sobre el plano horizontal á quien es perpendicular el plano inclinado; y así se describirá en este el Relox vertical sin declinacion, propio de dicho horizonte: como si la inclinacion HN del plano NC fuere 70 grados, su complemento HK 20 grados, añadido á la altura de Polo H* 39 grados 34 min. da el arco K* de 59 grados 34 min. que es la altura de Polo sobre el plano horizontal KP, á quien es vertical ó perpendicular el plano NC: hágase pues en este el Relox vertical para altura de 59 grados 34 min. por la *prop*. 12, y será el propio de aquel plano inclinado.

4 Si el plano inclinado mirare directamente al Septentrion, como PC, y su inclinacion IP fuere menor que la altura de la Equinoccial IQ, se restarán los grados de la inclinacion IP de la altura IQ de la Equinoccial, y el residuo PQ será la altura de la Equinoccial sobre aquel plano; y por consiguiente, su complemento será la altura de Polo K* sobre el dicho plano; ó añádase la inclinacion IP ó KH su igual á la altura de Polo H* sobre el Horizonte, y se tendrá el arco K* que es la altura de Polo sobre el plano inclinado PCK: hágase pues en este el Relox ho-

horizontal para dicha altura, y será el que se desea. *Exemplo.* Si la inclinacion fuere 20 grados, añadidos á la altura de Polo 39 grados 34 min. la suma 59 grados 34 min. es la altura de Polo sobre el plano, propia del Relox horizontal, que en él se ha de describir.

5 Si el plano mirare á Septentrion directamente, y su inclinacion fuere igual á la altura de la Equinoccial de aquella tierra, se describirá en él el Relox Equinoccial por la *prop.* 5.

6 Si el plano OC mirare al Septentrion directamente, y su inclinacion OI fuere mayor que la altura QI de la Equinoccial, se añadirá el complemento OM de la inclinacion, ó su igual IF á la altura QI de la Equinoccial, y la suma QF será la altura de la Equinoccial sobre el plano LCF, á quien es vertical el plano OC; y su complemento QO ó L* su igual será la altura de Polo sobre dicho plano LF: hágase pues en OC el Relox vertical septentrional, sin declinacion para la altura de Polo L*, y será el propio del plano propuesto: como si la inclinacion fuere 70 grados, será su complemento 20 grados, que añadidos á la altura de la Equinoccial 50 grados 26 min. da 70 grados 26 min. cuyo complemento 19 grados 34 min. es la altura de Polo, á que se ha de hacer el Relox septentrional en el plano inclinado OC.

En la otra superficie inferior, de qualquiera de los planos sobredichos se delineará el Relox opuesto, como si en la superficie superior se delineó el Relox vertical meridional para altura de 59 grados 34 min. como se dixo en el *num.* 3, en la inferior y opuesta se delineará el Relox septentrional competente á la misma altura de Polo, y así en los demas.

Aunque estas reglas son absolutamente bastantes para la descripcion de estos Reloxes inclinados sin declinacion; pero para mayor claridad explico brevemente el modo de practicarles en las proposiciones siguientes.

PROP.

PROP. XXXI. Problema.

Describir el Relox en un plano inclinado meridional sin declinacion, cuya inclinacion es menor que la altura de Polo. (fig. 53.)

Supongamos, que la inclinacion del plano propuesto sea 20 grad. réstese de 39 grad. 34 min. que es la altura de Polo, y será el residuo 19 grad. 34 min. la altura de Polo sobre el plano inclinado propuesto, donde se describirá el Relox horizontal á esta altura, como se sigue.

Operacion. Tírense las rectas AB, CD, que se corten perpendicularmente en E, lugar donde se ha de poner el Gnomon; señálese su longitud arbitraria de E hasta F: hecho centro en F, descríbase con qualquier abertura un arco, que cortará la AB en A: cuéntense desde A hácia arriba hasta G 19 grad. 34 min. y su complemento nótese baxo de A hasta H: tírense las líneas FG y FH ocultas, que cortarán la DC en I y C: tírese por I la 7 5 paralela á AB, y será la Equinoccial: hágase por C, centro del Relox, la paralela 6 6, y será la línea de las seis; pásese la distancia IF desde I hasta D, y el punto D será el centro de la division de la Equinoccial; y hecho desde D, como centro, un círculo con qualquier abertura, se dividirá del modo acostumbrado, y con las rectas ocultas tiradas del centro D por las divisiones, quedará dividida la Equinoccial 7 5 en los puntos horarios, por los quales se tirarán las líneas horarias desde el punto C, Polo del Relox.

Si en este Relox, como tambien en los siguientes, se quiere tirar la línea horizontal y la del vertical primario, se obrará en esta forma. Cuéntese de A hasta K la inclinacion del plano, que ahora es 20 grad. y su complemento 70: numérese desde A hasta L. Tírense las rectas ocultas FK y FL, que cortarán la CD en N y M: por M tírese la paralela OP, y será la horizontal; y por N la paralela QR, y será la línea del vertical primario, que pasa por el Zenit N. Consta esto del corolario de la *prop.* 28.

PROP.

PROP. XXXII. Problema.

Construir el sobredicho Relox quando la inclinacion es mayor que la altura de Polo. (*fig.* 54.)

Este Relox se describe como vertical: supongamos pues sea su inclinacion 70 grad. su complemento 20 grad. añadidos á la altura de Polo de la region 39 grad. 34 min. da (30.) la altura de Polo sobre el plano 59 grad. 34 min. segun la qual se hará en el plano propuesto un Relox vertical sin declinacion por las reglas ordinarias: cuéntese la altura de Polo sobredicha de A á G, y su complemento de AH, y tiradas las ocultas FG, FH, se tiene el punto C, que es el centro del Relox, y el punto I, que es por donde se tirará la Equinoccial 7 5 paralela á AB; y haciendo ID igual á IF, será D el centro de su division; con que se concluirá el Relox del modo ordinario.

La línea horizontal y la del vertical primario se hallan sin diferencia alguna, como en el Relox de la proposicion pasada.

PROP. XXXIII. Problema.

Describir el Relox Septentrional inclinado sin declinacion.

1 Si la inclinacion fuere menor que la altura de la Equinoccial sobre el Horizonte, como por exemplo 20 grad. se añadirán estos á la altura de Polo 39 grad. 34 min. y la suma 59 grad. 34 min. será la altura de Polo, á que se constituirá un Relox horizontal, como en la *prop.* 31.

2 Si la inclinacion fuere mayor que la altura de la Equinoccial, como por exemplo 70 grad. se añadirá el complemento de la inclinacion 20 grad. á la altura de la Equinoccial 50 grad. 26 min. y la suma será 70 grad. 26 min. cuyo complemento 19 grad. 34 min. es la altura de Polo, á que se ha de describir un Relox vertical, como en la *prop.* 32, con esta diferencia, que la altura de Polo se ha de contar al contrario; esto es, baxo de la línea AF, (*fig.* 53.) y su complemento arriba: en todo lo demas se procede como en el lugar citado.

PROP.

PROP. XXXIV. Problema.

Describir los Reloxes Oriental y Occidental inclinados. (*fig.* 55.)

Llaman algunos á este Relox declinante del Horizonte; porque así como los planos de los Reloxes verticales declinantes se apartan del vertical primario, como si se volviesen á un lado, moviéndose sobre el exe del Horizonte, así éstos declinan del horizonte como moviéndose sobre el exe del vertical primario, que es la línea meridiana; de que se sigue ser en estos Reloxes la línea meridiana paralela al Horizonte. Son dos, uno Oriental y otro Occidental: y porque hay dos superficies en cada plano, se pueden hacer en cada uno dos Reloxes, superior é inferior. Su fábrica es la misma que de un Relox declinante, como los de la *prop.* 21, cuya declinacion es el ángulo mismo de la inclinacion; pero se ha de hacer, no á la altura de polo de la region, sí para su complemento: para mayor facilidad explico aquí la práctica.

Operacion. Tírese la recta AB, y escójase en ella qualquiera punto C para poner el Gnomon: tírese la perpendicular CD igual al Gnomon, á la izquierda si el Relox fuere Oriental, y á la derecha si fuere Occidental: hecho centro en D, descríbase un arco con qualquier abertura, y cuéntese de C hasta E la inclinacion del plano, por exemplo, 40 grados, y su complemento póngase de C á F: tírense las ocultas DF, DG, que cortarán la AB en H y G: por G tírese la GI perpendicular á AB, y esta será la línea de las 12: tírese tambien su paralela HK por el punto H de las 6: hágase GB igual á GD, y hecho centro en B descríbase un arco con qualquier abertura, y hágase el arco GL igual á la altura de la Equinoccial, y GM igual á su complemento ó altura de polo; y tirando las ocultas BL, BM, cortarán la recta GI en N y O, y el punto O pertenecerá á la Equinoccial, y N será el centro del Relox. Tírese de N, por el pie C del Gnomon la recta NC, y será la substilar. Tírese la línea HO, por los puntos H y O, y será la Equinoccial, que necesariamente será perpendicular á la substilar.

Del

Del punto C levántese la CQ perpendicular á la substilar é igual al Gnomon: tómese la distancia PQ, y pásese á la substilar, hácia arriba ó hácia abaxo, hasta R; ó tómese la distancia HD con el compas, y pásese de H hácia la substilar, que vendrá al mismo punto R, si no se hubiere errado la operacion: este punto R será el centro de la division de la Equinoccial. Tírese de R una recta oculta al punto O, seccion de la meridiana con la Equinoccial, que cortará al círculo en un punto, del qual se ha de empezar la division en 24 partes iguales; y tirando del centro R líneas ocultas por las divisiones, cortarán la Equinoccial en los puntos horarios, por los quales se tirarán desde N las líneas de las horas.

Si el Relox fuere inferior, hora sea Oriental ú Occidental, se obrará de la misma suerte, solo que los 40 grados de inclinacion del plano, que se contáron baxo la DC, se han de contar sobre ella, y su complemento hácia abaxo; y el ángulo GBM de la altura de polo, se ha de hacer á la izquierda.

PROP. XXXV. Problema.

Describir los Reloxes meridionales en planos inclinados y declinantes. (fig. 56.)

Operacion. Por el punto E, pie del Gnomon, tírese con el nivel la recta AB, y su perpendicular CD: de E hácia A ó hácia B, córtese la EF igual á la longitud arbitraria del Gnomon; y hecho centro en F, con qualquier abertura de compas hágase un arco, que cortará á la AB en A: córtese hácia abaxo el arco AG igual á la inclinacion del plano, que por exemplo sea 40 grados, y su complemento póngase de A hácia H. Si el Relox se describiere en la superficie inferior, el arco AG de la inclinacion se haria sobre la AF, y su complemento debaxo: tírense del centro F, por los puntos G y H, las ocultas, que cortarán la CD en D y en I, y el punto D será el Zenit: (28.) por el punto I tírese la NM paralela á AB, y será la horizontal.

Tómese el intervalo FI, y pásese de I á C, y haciendo centro en C, hágase con qualquier abertura un arco, y del

del punto en que cortare la CD, cuéntese la declinacion del plano (que sea por exemplo 50 grados) hácia la derecha de quien mira el Relox, si la declinacion es á Levante, como en este caso, hasta K; pero si fuere al Poniente, se numeraria á la izquierda: cuéntese su complemento 40 grados hasta L. De C, por K y L, tírense rectas ocultas, que cortarán la horizontal en M y N; y el punto M será la seccion del meridiano y horizonte; y el punto N será por donde ha de pasar la línea de la hora 6: tírese pues por el punto M y el Zenit D indefinidamente la meridiana.

Tírese por N y E la línea NE, que si no se hubiere errado, necesariamente será perpendicular á la meridiana; y hecho centro en D, con la distancia DF, señálese en la sobredicha línea el punto O; ó tambien, hecho centro en M, con la distancia MC, señálese en la misma línea un punto, que será el mismo punto O, si no hubiese algun error en la operacion: de que se colige, no ser necesario tirar la línea NE; pero aprovecha para asegurarse del acierto.

Del punto O tírese por M una línea larga á discrecion; y hecho centro en O hágase un arco con qualquiera intervalo, que cortará la OM en P. Desde P hácia arriba cuéntese la altura de Polo hasta Q; y su complemento ó altura de la Equinoccial, de P hasta R hácia abaxo. Del punto Q tírese por el punto O una línea, que cortará á la meridiana MD en S; y este punto S será el centro ó polo del Relox. Del mismo punto O al punto R tírese la OR, que cortará á la meridiana SDM en T: punto en que se cortan la meridiana y Equinoccial: tírese por S y E, pie del Gnomon, la SE, y será la substilar: tírese tambien por N y T la NT, y será la Equinoccial, que cortará perpendicularmente en V á la substilar.

Levántese del punto E perpendicularmente á la substilar la E* igual al Gnomon; y si se quiere se podrá tirar de S por * el exe del mundo ó Gnomon obliqüo. Tómese la distancia V*, y pásese en la substilar arriba ó abaxo, y se tendrá el punto X, centro de la division de la Equinoccial; ó tambien, pásese la distancia CN de N á la substilar, que tambien vendrá al punto X si se hubiere procedido bien: hecho centro en X, descríbase un círculo, y tírese por el

pun-

punto T la oculta XY, y se dividirá el círculo en las 24 partes ordinarias, empezando del punto Y, y tirando por las divisiones rectas ocultas á la Equinoccial, se tendrán en esta los puntos horarios; por los quales, del centro S del Relox se tirarán las líneas de las horas, y quedará concluido. Consta todo esto de lo demonstrado en las proposiciones pasadas. Tambien se pueden tirar las líneas horarias, dividiendo la horizontal ó el vertical primario, como en los demas Reloxes, que omito por evitar prolixidad.

PROP. XXXVI. Problema.

Describir los Reloxes Septentrionales en planos inclinados y declinantes. (*fig.* 57.)

Operacion. Sea E el lugar del Gnomon: tírese por E con el nivel la recta AB, y su perpendicular CD por èl mismo punto, y sea EF la longitud del Gnomon. Desde F hágase el arco GH, que cortará la AB en A: córtese el arco AG igual á la inclinacion del plano, que por exemplo sea 30 grados, y su complemento 60 grad. se colocará hacia arriba de A á H; pero si el Relox se hiciere en la superficie inferior, se hará al contrario. Tírense las ocultas FG, FH, que cortarán la CD en D y en I: hágase por I la MN paralela á AB, y será la horizontal.

Tómese con el compas la distancia FI, y pásese desde I hácia arriba hasta el punto C: desde C con qualquier abertura hágase un arco, y del punto en que cortare la CD numérese la declinacion del plano hácia la izquierda, si declinare de Septentrion á Levante; ó á la derecha, si á Poniente; y porque en este exemplo suponemos declinar 40 grados al Levante, les contamos hácia la izquierda hasta el punto K, y su complemento á la otra parte hasta L: tírense del punto C las ocultas CK, CL, y cortarán la horizontal en M y N. Por los puntos M y D tírese la MD, que será la meridiana en el Relox: tírese tambien la EN, á la qual desde D se pasará la distancia DF, y se tendrá el punto O; ó desde M se pasará á la misma línea la distancia MC, que da-

dará el mismo punto O, si la operacion no tuviere error.

Del punto O, con qualquiera abertura, hágase el arco PR; y de O por M tírese la recta OP, que cortará al sobredicho arco en P: desde P se numerará en el mismo arco hácia abaxo la altura de polo sobre el Horizonte, y será PQ: y desde Q se contará en seguida hasta R un quadrante de círculo. Del punto O por Q y R tírense rectas ocultas, que cortarán la meridiana MD en S y T, y será S el centro del Relox; y tirando de S por E, pie del Gnomon, la recta SX será la substilar: asimismo por T y N tírese la NT, que será la Equinoccial, y cortará la substilar perpendicularmente en V.

Hecho esto, levántese del punto E la E* perpendicular á la substilar, é igual al Gnomon; por si se quiere poner el Gnomon obliqüo, que clavado en S, pase por la extremidad *, que señalará con toda su sombra las horas. Tómese la distancia V*, y pásese á la substilar de V hasta X, y será X el centro de la division de la Equinoccial; ó tómese la distancia NC, y pásese en la substilar desde N, que si no se hubiere errado, vendrá al mismo punto X. Del punto X se describirá un círculo con qualquier abertura; y del punto X al punto T, que es la interseccion de la Equinoccial con la meridiana, tírese una recta oculta, que cortará al círculo sobredicho en Y; y de este punto se empezará á dividir el círculo en 24 partes iguales: por las divisiones se tirarán del centro X rectas ocultas, y cortarán la Equinoccial en los puntos horarios, por los quales se tirarán las líneas horarias del punto S, que es el centro del Relox.

PROP. XXXVII. Problema.

Describir el Relox en un plano inclinado y declinante, quando su centro está muy léjos y fuera del plano.
(*figur.* 58.)

La descripcion de este Relox viene á ser la misma que la del Relox vertical, que por tener mucha altura de polo ú declinacion, no tiene su centro en la pared donde

se describe. Supongamos pues se ha de describir un Relox en un plano, cuya inclinacion sea 60 grados, y su declinacion 70 grados.

Operacion 1. Sea E el lugar dèl Gnomon, cuya longitud E* hágase corta, y tanto mas corta, quanto fuere mayor la inclinacion del plano; y supóngase descrito el Relox, segun este pequeño Gnomon, por las reglas antecedentes, y serán sus líneas y puntos principales las siguientes: *E, el lugar del Gnomon. E*, su longitud. MN, la línea horizontal. S, el centro del Relox. ST, la meridiana ó línea de las 12. SX, la substilar. V, interseccion de la substilar con la Equinoccial. S*, el exe del mundo ó Gnomon obliqüo. SY, la línea de las 6. X, el centro para la division de la Equinoccial.* Con esto queda concluido el Relox, proporcionado al Gnomon pequeño E*; pero porque ha de ser mayor, y por consiguiente tambien lo ha de ser el Relox, y de esto se sigue no poder estar su centro en el plano, se obrará de esta suerte.

Operacion 2. Hágase la línea AB indefinida paralela á S*, y apartada de ella segun la magnitud que se quisiere dar al Gnomon, y será tambien el exe del mundo. Del punto V sáquese la VA perpendicular al exe AB: del punto A sáquese la AC perpendicular á la substilar SX; y el punto C en que la corta, será el lugar del Gnomon para el Relox que vamos describiendo. Elíjase en el mismo exe AB arbitrariamente un otro punto B, distante de A segun se quisiere, sea mas ó ménos largo el exe: del punto B hágase la BD perpendicular á la misma AB, que cortará á la substilar alargada en el punto D: por D tírese una paralela á la Equinoccial, y será la segunda Equinoccial: el intervalo VA pásese de V á F en la substilar SX; y el punto F será el centro de la division de la Equinoccial que ha de quedar en el Relox: tómese asimismo la distancia DB, y pásese en la substilar de D á G, y este será el centro para la division de la segunda Equinoccial.

Hágase centro en F, y descríbase con qualquiera intervalo el círculo Equinoccial: tírese del punto X por el punto T, que es la interseccion de la línea de las 12 con la Equinoccial del Relox, la línea oculta XT; y del punto F

sá-

sáquese otra oculta FH paralela á XT, que cortará al círculo en H, y á la Equinoccial en un punto, que será el de las 12, y por este pasará la línea de las 12. Del punto F sáquese la oculta FI perpendicular á la FH 12, y cortará á la Equinoccial en I: tírese la IK paralela á la línea de las 6, que se tiró al principio, y será la línea de las 6, que ha de servir en el Relox, y cortará á la segunda Equinoccial en K: tírese por I la LO paralela á la horizontal MN, y será la horizontal del Relox: tírese la GK, y cortará en P al segundo círculo Equinoccial. Divídanse entrambos círculos en 24 partes iguales, empezando de los puntos H y P; y tirando del centro de cada uno por sus divisiones líneas ocultas, darán en cada Equinoccial los puntos horarios, por los quales se tirarán las líneas horarias, uniendo cada uno con su correspondiente, como se vé en la figura.

PROP. XXXVIII. Problema.

Describir en qualquier plano un Relox, sin saber la altura de polo, ni la inclinacion ni declinacion del plano, solo con observar tres puntos de la sombra. (*fig.* 59.)

Este Problema es apreciable por su gran universalidad, pues sin saber la altura de polo, ni la declinacion ni inclinacion del plano, ni la línea meridiana, se describe el Relox, solo con que se hayan notado tres puntos en la extremidad de la sombra del Gnomon, en qualesquiera tres tiempos de un mismo dia; porque solo con ellos se hallará la Equinoccial en aquel plano, y hallada esta, se describirá el Relox por la *prop.* 26 si fuere vertical, ó por la proposicion antecedente si fuere inclinado. Y primeramente, si los tres puntos observados estuvieren en línea recta, la línea que por ellos se tirare será la Equinoccial; porque aquel dia será el del Equinoccio, como en otras partes queda dicho; pero si no estuvieren en línea recta, sí que fuesen C, D, E, se obrará como se sigue.

Operacion. Del punto A, pie del Gnomon, tírense las

tres líneas AC, AD, AE á los tres puntos sobredichos; y del mismo punto A, levántense tres perpendiculares á las mismas líneas, que serán AF, AG, AH, iguales al Gnomon AB, y tírense las rectas CF, DG, EH: en las dos mayores FC, HE, córtense las FL, HK iguales á la menor GD; y de los puntos L y K sáquense las LS, KO perpendiculares á AC, AE; y por los puntos S y O tírese la SO larga á discrecion; y de los mismos puntos levántese la SN igual á SL, y la OM igual á OK, y entrambas perpendiculares á la SO, y por sus extremidades tírese la NM, que concurrirá con la SO en un punto P, ó será paralela: supongamos pues concurre en P, y tírese la línea DP, la qual será paralela á la Equinoccial que se busca.

La razon es, porque si los triángulos AFC, AGD, AHE se revolviesen sobre las líneas AC, AD, AE hasta ponerse perpendiculares al plano del Relox, las líneas AF, AG, AH concurririan en una, y con el mismo Gnomon AB á quien son iguales; y los puntos L, D, K distarian igualmente del vertice B del Gnomon; y por consiguiente, el plano que pasare por dichos tres puntos será paralelo al plano de la Equinoccial: y porque de dichos tres puntos solo el punto D está en el plano del Relox, y los otros dos en el ayre, se tiran las LS, KO, que siendo paralelas á las FA, HA, habiéndose levantado los triángulos en la forma dicha, son perpendiculares al plano del Relox, y por consiguiente lo son tambien á la SO; y si por sus extremidades L, K, permaneciendo en dicha positura, se tirare una línea, vendria á concurrir con la SO en un punto P; pero para operar en el plano del Relox y no en el ayre, substituimos en su lugar las perpendiculares NS, MO iguales á ellas, con que la recta NM viene al mismo punto P, el qual está en el plano del Relox donde está la línea SP, y tambien en el plano del paralelo á la Equinoccial en quien está la NP; y como el punto D sea tambien comun á entrambos planos, la línea DP será su comun seccion: es pues DP la comun seccion del círculo paralelo á la Equinoccial con el plano del Relox; y por consiguiente, la misma recta DP será paralela á la línea Equinoccial que se busca: siendo pues la

la Equinoccial perpendicular á la substilar, tambien lo será la DP; tírese pues la AR perpendicular á DP, y será la substilar: solo falta ahora hallar la Equinoccial en la forma siguiente.

Tírese del punto S la ST perpendicular á DP, que se pondrá aparte por no confundir la figura: hágase perpendicular á ella la SV igual á la SL, y tírese la VT: tírese ahora la AX perpendicular á la substilar AR, é igual al Gnomon: y hágase la XY paralela á VT, y el punto Y en que corta á la substilar pertenecerá á la Equinoccial: tírese pues por Y una línea paralela á DP, y será la Equinoccial; y por la *propos.* 28 se concluirá el Relox si fuere vertical, ó por la antecedente si fuere inclinado. Esta última operacion consta de lo dicho en otras partes, y así no me detengo en demonstrarla.

PROP. XXXIX. Problema.

Dada en un plano inclinado la línea Equinoccial, hacer el Relox. (*fig.* 60.)

Sea dada la Equinoccial EQ en un plano inclinado, sin saberse la altura de polo, ni la línea meridiana ni la inclinacion ni declinacion del plano; y se pide se describa el Relox.

Operacion. Supongamos, que el Gnomon sea AB, y búsquese en primer lugar por la *propos.* 28 el Zenit Z, y la horizontal EF, la qual ó será paralela á la Equinoccial, ó no lo será; si fuere paralela, la línea substilar y meridiana serán una misma, y el punto G será el del Meridiano, y el plano no tendrá declinacion; con que se concluirá el Relox fácilmente, dividiendo la Equinoccial en los puntos horarios, empezando del punto G, ó dividiendo la horizontal, empezando del punto F, y hallando el centro ó polo del Relox, y el centro de la division como se acostumbra, y luego dirémos.

Si la Equinoccial no fuere paralela á la horizontal EF, sí que la cortare en el punto E, este será el punto de las 6, y se dividirá la Equinoccial del modo ordinario; esto es,
del

del pie A del Gnomon tírese la AH perpendicular á la Equinoccial EQ, y será la substilar; tírese tambien la AL paralela á la Equinoccial, é igual al Gnomon; júntese la IL, y sáquese su perpendicular LK, y el punto K será el polo del Relox; pásese la hipotenusa IL de I hasta H, y el punto H será el centro de la division de la Equinoccial: tírese la HE y la HG, que saldrán perpendiculares entre sí; y hecho centro en H, se describirá sobre la EH prolongada el semicírculo, que se dividirá en 12 partes iguales, y se dividirá la Equinoccial en sus puntos horarios como otras veces, y por las divisiones se tirarán del polo K las líneas horarias.

Demonstr. Considérese el plano del triángulo KLI levantado perpendicularmente sobre el plano del Relox, y será KI la comun seccion de entrambos; y porque la EQ es por construccion perpendicular á KI, será (18. 11. Euc.) perpendicular al plano del triángulo: luego (19. 11. Euc.) qualquiera plano que pasare por la EQ, qual es el de la Equinoccial, será perpendicular al dicho plano del triángulo ILK levantado; y como este plano levantado pase por la extremidad B del Gnomon, que se supone ser el centro del mundo, será perpendicular á la Equinoccial, y pasará por el centro del mundo: luego pasa por los polos de la Equinoccial ú del mundo: luego el polo gnomónico ú del Relox está en la HK; pero el centro de la division gnomónica de HK, por pasar por el pie del Gnomon, es el punto L: (1.) luego siendo el ángulo ILK recto, habrá de I hasta K 90 grados gnomónicos: luego como el polo diste tambien de la Equinoccial 90 grados, el punto K será el polo del Relox.

Adviértase, que si la Equinoccial pasare por el pie A del Gnomon, el Relox no tendrá centro, y las líneas horarias serán perpendiculares á la horizontal; y si la Equinoccial pasare entre A y F, el polo del Relox estaria baxo hácia el punto H.

CA-

CAPITULO VII.

DE ALGUNOS PROBLEMAS QUE FACILITAN la descripcion de los Reloxes Solares.

PROP. XL. Problema.

Tirar qualquiera línea de las horas, quando el punto en que corta á la Equinoccial no está en el plano del Relox. (*fig.* 61.)

SUcede muchas veces, que el radio que sale del centro del círculo que sirve para dividir la Equinoccial en puntos horarios, no puede cortarla en el plano del Relox, y por consiguiente no se tiene el punto que determina la línea de aquella hora: pues para este y otros lances semejantes sirve la regla siguiente.

1 Si el Relox tuviere su polo ó centro en el plano donde se describe, como en la figura lo es el punto F, se obrará de esta suerte: Supongamos falta en la Equinoccial el punto por donde se ha de tirar la línea de las 5: tírese en qualquiera distancia la recta OP paralela á la AL: tírese aparte la recta AD larga á discrecion, y córtese en ella AB igual á LM, y con esta distancia hágase un arco: tómese AD igual á la MF, y hágase otro arco de círculo: córtese BC igual á XP, y tírese la recta AC, y cortará al otro círculo en E: tómese la distancia DE, y pásese de X hasta I; y tirando del polo F del Relox la recta FI, esta será la línea de las 5.

2 Si el Relox careciere de polo ó centro como el de la *fig.* 45. y faltare el punto de la Equinoccial mayor VH perteneciente á las 8, se tirará la IP paralela á la A12, de suerte, que corte la línea de las 9. Tírese aparte en la *fig.* 61. la recta HI, y córtese en ella la IL igual á la ZO de la *fig.* 45. y la HL hágase igual á OF; sáquese del punto L de qualquiera manera la recta LR igual á OP, y del punto H tírese la HS paralela á LR: tírese la IR que cortará en S la HS: tómese la HS, y pásese al Relox desde O hasta I: tírese por I y por el punto de la Equinoccial LN una línea,

y será la de las 8. Adviértase, que si en la Equinoccial menor LN no se hallare el punto de esta hora, no tendria lugar tal hora en el Relox.

PROP. XLI. Problema.

Señalar el Gnomon competente á un Relox que está ya delineado.

1 Supónese delineado un Relox horizontal, (*fig.* 28.) y que le falta el Gnomon: pídese se le restituya. *Operacion.* Del punto A lugar donde se ha de fixar el Gnomon, tírese la AC perpendicular á la meridiana, y sea larga á discrecion: hágase en el polo B del Relox el ángulo ABC igual á la altura de polo, y la recta BC determinará la longitud del Gnomon que será AC.

2 Si el Relox fuere vertical sin declinacion, se obrará de la misma manera, solo que dicho ángulo formado en el polo del Relox, ha de ser igual al complemento de la altura de polo.

3 Si el Relox fuere vertical con declinacion como en la *fig.* 43. se tirará por A lugar del Gnomon, la AB larga á discrecion y perpendicular á la horizontal AC: luego se hará el ángulo AXB igual al complemento de la declinacion de la pared, y la recta XB determinará la longitud del Gnomon AB; pero si en el Relox no estuviere el punto X, por no hallarse en él la meridiana, nos valdrémos del punto E de las 6, y harémos allí el ángulo AEB igual á la declinacion, y la recta EB determinará la misma longitud AB del Gnomon. De aquí se puede bastantemente colegir, como se haya de obrar en los demas Reloxes. En los laterales la longitud del Gnomon es igual á los tres espacios de las horas que inmediatamente se siguen al lugar del Gnomon.

PROP. XLII. Problema.

Describir qualquiera Relox de Sol, por otro qualquiera Relox de Sol ya descrito.

Esta práctica es mas fácil, pero es menester que el Relox que sirve para la descripcion del otro sea bien exâcto; porque el segundo concordará precisamente con el primero.

Modo 1. Fixado el Gnomon, se observará el tiempo en que el Relox fabricado señala precisamente sus horas, y en cada una de ellas se señalará un punto en la extremidad de la sombra del Gnomon del nuevo Relox: hágase esto mismo otro dia, distante del primero unos 20 ó 30 dias, y se tendrán dos puntos en cada hora: tírense rectas por cada dos puntos de una misma hora, y se tendrán las líneas horarias, y quedará hecho el Relox.

Modo 2. Puesto el Gnomon en el plano donde se ha de hacer el Relox, obsérvese el tiempo en que el Relox fabricado señala precisamente las 12, y si el plano en que se ha de delinear el nuevo Relox fuere horizontal, la sombra de su Gnomon á este tiempo será la línea meridiana: con que tirada esta á la larga por medio de la sombra, se concluirá el Relox por las reglas ordinarias. Si el plano fuere vertical, y al sobredicho tiempo la sombra fuere perpendicular ó á plomo, esta seria tambien la meridiana, y el Relox seria vertical sin declinacion que se fabricaria por las reglas dadas. Ultimamente, si al mismo tiempo en que el Relox primero señala las 12, la sombra del Gnomon en el segundo no fuere perpendicular, se tirará por su extremidad una línea á plomo que será la meridiana, y una horizontal por el pie del Gnomon: y sacando del pie del Gnomon hácia abaxo una paralela á la meridiana igual al Gnomon qual es AB, (*fig.* 43.) se tirará la BX, y el ángulo ABX será igual á la declinacion, y se concluirá el Relox por las reglas ordinarias. De aquí se colige el modo de obrar en los demas planos.

PROP-

PROP. XLIII. Problema.

Delinear un Relox en una superficie desigual.

Si se quisiere delinear un Relox en una superficie que estuviere compuesta de diferentes desigualdades ó como gradas ó como canales , hora sean cóncavas ó convexâs, se obrará como se sigue. Aplíquese á la dicha superficie una regla de madera , y póngase á nivel , y esta servirá de línea horizontal ú de Equinoccial , dispuesta segun pidiere el Relox ; señálense en ella los puntos horarios por las reglas dadas : póngase otra vara que sirva de meridiana , en la qual estará señalado el polo ó centro del Relox , y fíxese el Gnomon en su propio lugar con su competente longitud : con esto se tendrán los tres puntos esenciales para la descripcion del Relox ; es á saber , el polo , la extremidad del Gnomon , y el punto horario de cada hora : tírense las líneas horarias , extendiendo hilos tirantes que pasen del centro ó polo del Relox por los puntos horarios : hecho esto , póngase un hilo en la extremidad del Gnomon , y extiéndase sobre el de cada línea horaria de suerte , que le vaya rayendo , y con su extremidad se irán señalando puntos en todas las concavidades y desigualdades de aquella superficie. Ultimamente , se irán guiando las líneas por aquellos puntos , y quedará descrito el Relox. Con este método se podrá hacer un Relox en qualquiera superficie de Torre redonda, cóncava ó convexâ , y en otras qualesquiera superficies irregulares. No me detengo mas en este punto , que le facilitará mas la práctica que la teórica.

LIBRO III.

DE LA COLOCACION DE LOS CÍRCULOS, ASÍ MÁXIMOS COMO MENORES, EN LOS RELOXES SOLARES.

EN este libro se enseñará el modo de colocar en qualquiera especie de Reloxes, que se describiéron en el libro antecedente, los círculos de la esfera, así los máxîmos, como son los de las horas Italianas y Babilónicas; los verticales, meridianos y los de posicion, que forman las doce casas celestes; como tambien los menores, que son los paralelos de los signos, los paralelos al Horizonte y otros semejantes. La colocacion de los círculos máxîmos se funda en las dos primeras proposiciones del libro pasado; para la de los círculos menores sirven los dos Teoremas siguientes.

CAPITULO I.

DE LOS DOS TEOREMAS FUNDAMENTALES para la colocacion de los círculos menores en los Reloxes solares.

PROP. I. Teorema.

La expresion de los círculos menores paralelos al plano del Relox, son círculos. (*fig.* 62.)

SEa el plano CID paralelo á la Equinoccial, y por consiguiente á todos sus paralelos, como por exemplo al círculo menor FKE; sea el Gnomon AB: es constante, que siendo FKE círculo menor, su centro no es el del mundo; y por consiguiente no es su centro la extre-

tremidad A del Gnomon, que sensiblemente es el centro del mundo. Imagínese, que de todos los puntos de la periferia del círculo FKE baxan líneas rectas de luz por la extremidad A del Gnomon, y con ellas se formarán dos pirámides cónicas rectas opuestas FAE y HAG, aquella luminosa, y esta umbrosa, cuyo exe comun LB será perpendicular á sus basas, como consta de lo dicho en el *trat.* 8 *de secciones cónicas*; siendo pues el corte ó seccion HG perpendicular al exe, será círculo; y como este corte sea la expresion del círculo menor FKE, será en este caso círculo.

PROP. II. Teorema.

La expresion de los círculos menores, que no son paralelos al plano del Relox, son elipses ó parábolas, ó hipérbolas. (*fig.* 62.)

La razon es, porque si el plano del Relox no es paralelo al círculo menor FKE, cortará obliqüamente la pirámide cónica umbrosa HAG; y si cortare sus dos lados será elipse, y si solo uno de ellos, será parábola ó hipérbola, segun lo dicho en el *trat.* 8.

CAPITULO II.

DE LA COLOCACION DE LOS PARALELOS de los signos en los Reloxes de Sol.

PROP. III. Teorema.

Describir el radio del Zodíaco. (*fig.* 63.)

SUélense poner comunmente en los Reloxes de Sol los paralelos de los signos; esto es, aquellos círculos que anda el Sol el dia que entra en cada signo: para su colocacion se suelen dividir las líneas horarias en aquellos puntos en que son cortadas por los planos de dichos paralelos, para lo qual sirve un instrumento llamado *Trígono* ó *Radio de los signos* ó *Zodíaco radioso*, que será convenien-

niente se tenga descrito en un carton ó lámina : descríbese como se sigue.

Modo 1. Tírese la línea AB, larga á discrecion, y hecho centro en A, con la abertura que se quisiere, descríbase el arco CD, que cortará la AB en E: cuéntese en este arco desde E á entrambas partes la máxîma declinacion del Sol, que es 23 grad. 30 min. que serán los arcos ED, EC, y tírense las reƈtas AD, AC: váyase ahora á la Tabla de la declinacion del Sol, que está en el *lib.* 1 *prop.* 12, y tómese allí la declinacion competente al principio de cada signo; y cuéntese desde E á una y otra parte; esto es, hácia D, la que pertenece á los signos boreales; y hácia C, la de los australes; y tirando desde A reƈtas por las divisiones, quedará hecho el radio de los signos: para mayor facilidad pongo aquí la declinacion de dichos puntos.

ED, 23 grad. 30 min. para Cáncer.
EC, 23 grad. 30 min. para Capricorno.
EG, 20 grad. 12 min. para Gémin. y Leon.
EH, 20 grad. 12 min. para Aquar. y Sagit.
EI, 11 grad. 30 min. para Tauro y Virgo.
EL, 11 grad. 30. min. para Píscis y Escorp.

Si se quisieren poner los Signos divididos de 10 en 10 grados, se tomarán de la Tabla sobredicha las declinaciones que corresponden á dichos 10 grados de cada signo, y se cortarán desde el punto E de la misma suerte; esto es,

23 grad. 7 min. para 10 grad. de Cáncer y Capricorno, y para 20 de Géminis y Sagitario.
22 grad. 0 min. para 20 grad. de Cáncer y Capricorno, y para 10 de Géminis y Sagitario.
17 grad. 47 min. para 10 grad. de Leon y Aquario, y para 20 de Tauro y Escorpion.
14 grad. 51 min. para 20 grad. de Leon y Aquario, y para 10 de Tauro y Escorpion.
7 grad. 50 min. para 10 grad. de Virgo y Píscis, y para 20 de Aries y Libra.
3 grad. 58 min. para 20 grad. de Virgo y Píscis, y para 10 de Aries y Libra.

Modo 2. Tírese como ántes la AB, y con qualquier abertura el arco CD; y hechos los arcos ED, EC de 23 grad.

grad. 30 min. tírese la recta DC, que cortará la AB en F: hecho centro en F, descríbase por los puntos C y D un círculo, que se dividirá en 12 partes iguales, empezando del punto D ó C: tírense de division á division líneas ocultas, como se vé en la figura, que serán perpendiculares á la recta CD, y cortarán el arco DEC en los puntos G, I, &c. Desde A tírense rectas por estos puntos; y poniendo á cada una los caractéres de los signos competentes, quedará concluido el radio de los signos.

Si se quisieren poner los signos divididos de 10 en 10 grados, se dividirá cada intervalo de los doce en que se dividió el círculo en tres partes iguales; y se tirarán por las divisiones correspondientes las rectas ocultas: y por donde estas cortaren al arco DEC, se tirarán los radios que salen del punto A, como se hizo en los antecedentes.

PROP. IV. Problema.

Colocar los paralelos de los Signos en el Relox Equinoccial. (*fig.* 64.)

Operacion. Descrito (3. *lib.* 2) el Relox Equinoccial, cuya meridiana es ID, y la línea de las 6 es AB, tómese EF igual al Gnomon: tírese la FG, paralela á ED: y hecho centro en F, hágase el quadrante EG, y empezando del punto G, se describirá la mitad del radio de los signos, (3.) y sus líneas cortarán á la meridiana ED, en los puntos H, K, D, por los quales hecho centro en E, se describirán unos círculos, que serán los paralelos de los signos; y en ellos se pondrán los caractéres correspondientes de los signos boreales, si el Relox estuviere en la superficie superior; y los australes, si en la inferior.

Demonstr. La meridiana ED, se ha dividido gnomónicamente (1. *lib.* 2) en los puntos H, K, D, segun la declinacion de los paralelos de los signos: luego estos cortan la meridiana en aquellos puntos; y como por ser este plano del Relox paralelo á ellos, sean (1.) sus expresiones círculos, y los círculos tirados por dichos puntos, serán las expresiones de los paralelos sobredichos de los signos.

PROP.

PROP. V. Teorema.

Modo primero para describir los paralelos de los Signos en los Reloxes polares y meridianos.
(*fig.* 65. 66. y 67.)

Operacion. Primeramente descríbase el Relox polar (5. *lib.* 2) con las líneas Equinoccial, horizontal y las horarias, como se vé en la *figur.* 65. 2. Delinéese el Zodíaco radioso, (3.) á quien se añadirán ciertas líneas en la forma siguiente: Váyanse tomando con el compas las distancias L12, L11, &c. y pásense al Zodíaco radioso, (*fig.*66.) desde el centro A, sobre la linea AB, que es la de Ariete y Libra, y por los puntos que allí se hubieren notado, tírense perpendiculares á la AB; y estas denotarán las líneas horarias, á quienes se pondrán sus propios números, como se vé en la *fig.* 66. 3. Hecho esto, se delinearán en el Relox polar (*fig.* 67.) los paralelos de los Signos, como se sigue.

Póngase el pie del compas en el punto 12 de la línea AB del radio, y extiéndase hasta el punto en que la misma paralela de las 12 corta á la línea A Cancer ó A Capricorno, y pásese esta distancia al Relox, (*fig.* 67.) desde la interseccion O de la linea de las 12 con la Equinoccial arriba y abaxo; y estos serán los puntos por donde en dicha hora pasan los Trópicos: esto es, por el superior pasa el Trópico de Cancro; y por el inferior el de Capricorno. Tómense asimismo las distancias desde dicho punto 12 en el radio hasta las líneas de los demas Signos, y pásense al Relox desde O arriba y abaxo, y se habrán señalado en la línea de las 12 los puntos de todos los paralelos de los Signos: hágase lo mismo en las demás líneas horarias, pasando á ellas las distancias que hay desde el punto en que en el Zodíaco radioso cortan sus correspondientes la AB, hasta los en que cortan los demas Signos, y se tendrán señalados en todas las líneas horarias los puntos en que son cortadas de los paralelos de los Signos: váyanse uniendo estos puntos, llevando una línea curva por todos los cor-

respondientes, y quedarán descritos los paralelos sobredichos, á quienes se añadirán los caractéres de los Signos á que corresponden.

Esto se funda, en que cada línea horaria está dividida gnomónicamente, segun los grados de declinacion que tienen en la esfera los paralelos de los Signos, ó segun el Zodíaco radioso, segun las *propos.* 1 *y* 2 del *lib.* 2: luego por dichos puntos pasan los paralelos; y por consiguiente las líneas curvas que pasan por ellos son las expresiones de dichos paralelos en el Relox, los quales, como se vé, son líneas cónicas hiperbólicas ó parabólicas.

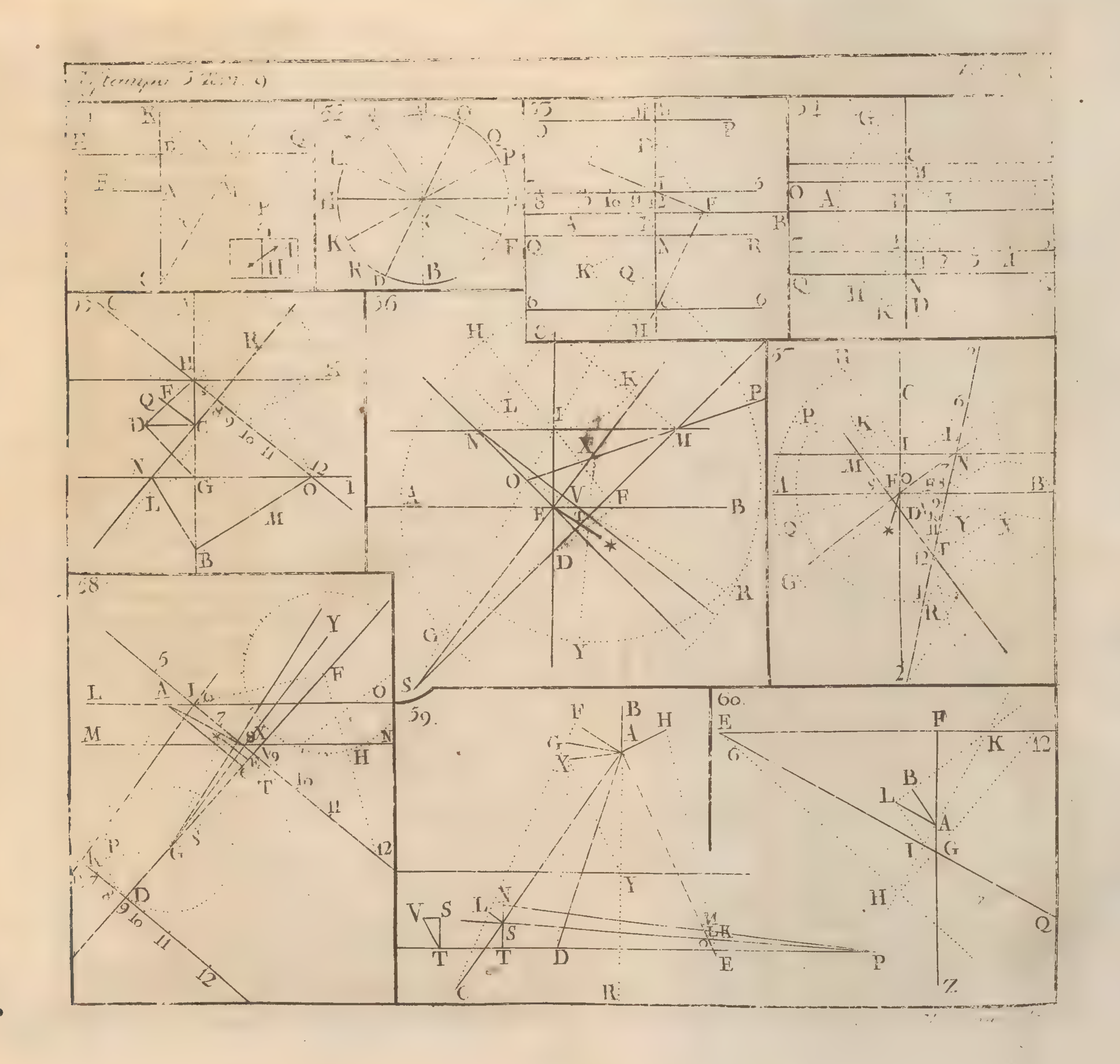
De esta misma manera, sin diferencia alguna, se colocarán los paralelos de los Signos en los Reloxes meridianos, así en el Oriental como en el Occidental, habiendo hecho primero la descripcion de sus líneas horarias y de su Equinoccial, como se dixo en la *proposicion* 14 del *lib.* 2. La razon es, porque estando estos Reloxes en el plano del Meridiano, que tambien pasa por los polos, son tambien Reloxes polares; y de la propia suerte se colocarán dichos paralelos de los Signos en otro qualquiera Relox, cuyo plano sea el de otro qualquiera círculo horario, por ser tambien Relox polar. Véase lo que dixe en los Corolarios de la *proposicion* 5 del *lib.* 2.

Adviértase, que si por ser grande el Relox no se pudiesen colocar las hipotenusas L11, L10, &c. de la fig. 65. en el radio de los Signos en la forma arriba dicha, se colocarán sus mitades, ó sus tercios, quartos, &c. Y al pasar estas distancias de la fig. 66. al Relox, fig. 67. se duplicarán ó triplicarán conforme ántes se hubiere hecho; y con esta diligencia se tendrán los mismos puntos de los paralelos en el Relox, sin peligro de error.

PROP. VI. Problema.

Modo 2.° para describir los paralelos de los Signos en los Reloxes polares y meridianos. (*fig.* 68.)

Para explicar este segundo modo de colocar los paralelos de los Signos en los Reloxes polares, servirá de exem-



exemplo un Relox meridiano oriental. Descrito pues este género de Relox por la *propos.* 14 del *lib.* 2, se tirará la AE perpendicular á la línea de las 6, é igual al Gnomon; y hecho centro en E, se formará la mitad del Zodíaco radioso; ó si estuviere ya fabricado, se colocará su centro en E de suerte, que la línea de Aries y Libra cayga sobre la EA: extiéndanse todos sus radios hasta que corten la línea de la 6, y quedará esta dividida gnomónicamente por la *prop.* 1 *lib.* 2 en los puntos I, O, por los quales pasan los paralelos de los signos: estas distancias se pasarán á la otra parte, y quedará concluida esta division.

De estos puntos se sacarán los de las otras horas con este artificio: de los puntos D, I, O se tirarán por el punto F las rectas ocultas DFG, IFH, &c. hasta la línea de las 8, y quedará esta dividida en los puntos G, H, &c. que son los de los signos. Tirando líneas de los mismos puntos D, I, O, por el punto K de la línea de las 8 hasta cortar la de las 10, quedará esta dividida como se desea. Para dividir la línea de las 11, se hallará el punto S de las 8 y media; y tirando líneas de los puntos D, I, O, por el punto S hasta que corten la línea de las 11, quedará esta dividida. Falta dividir la línea de las 9 y la de las 7 en esta forma. Tírense rectas de los puntos de la hora 11 por el punto N de las 10, y quedará con ellas dividida la línea de las 9. Ultimamente tírense líneas de los puntos de la hora 9 por el punto K de las 8, y estas dividirán la hora 7, y guiando líneas curvas por los puntos correspondientes de todas las horas, quedará concluida la descripcion. Donde es conveniente advertir, que las líneas ocultas tiradas de los puntos de qualquier hora por el punto Equinoccial ó medio de otra, divide aquella hora que dista de aquel punto tanto tiempo como la primera.

Demonstr. Si pasare un círculo máxîmo en la esfera por el punto D de Capricorno y por el punto F, la comun seccion de dicho círculo con el plano del Relox, seria la recta DFG; y el plano de este círculo con el de la Equinoccial AB, y con los de las horas 6 y 8, formarian dos triángulos esféricos, representados en los triángulos ADF, FGK: en los quales los ángulos A y K son rec-

tos; y los verticales opuestos AFD, GFK son iguales; y los lados AF, FK son gnomónicamente iguales; esto es, cada uno de 15 grados, que es la distancia de una hora á otra su inmediata: luego los arcos AD, KG son tambien gnomónicamente iguales; y siendo AD de 23 grad. y medio, tambien lo será KG: luego el punto G pertenece al paralelo ó Trópico de Cancro, ó al paralelo de igual declinacion á la del que pasa por D: lo mismo se demonstrará de los demas puntos: luego la regla es indefectible.

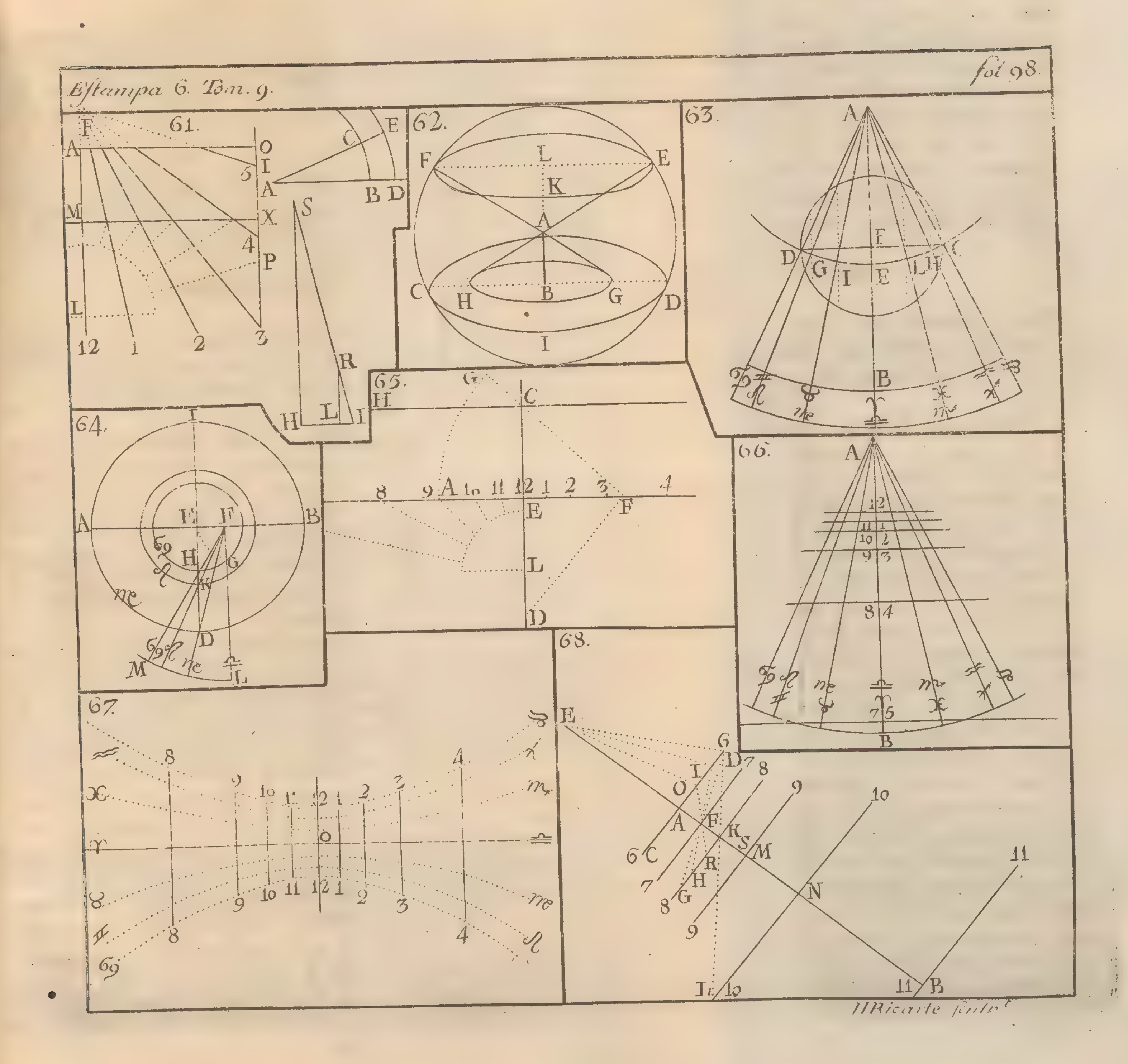
PROP. VII. Problema.

Modo primero de colocar los paralelos de los Signos en todo género de Reloxes, cuyo polo ó centro está apartado del pie del Gnomon. (*fig.* 69.)

Todos los Reloxes distintos de los Equinocciales y Polares, como son en nuestra esfera los horizontales, verticales é inclinados, convienen en tener su centro ó polo apartado del pie del Gnomon, y en todos ellos se colocan los paralelos de los Signos con una misma regla; y así explicaré tres modos distintos para su colocacion, y sea el primero el siguiente, que aunque parece mecánico, da mucha luz en esta materia.

Sea en qualquiera Relox el Gnomon recto BS, y el inclinado ó exe del mundo AB, terminado en B: tírese tambien, si pareciere, la Equinoccial: téngase descrito en una tablilla el Zodíaco radioso, el qual se colocará en el exe AB de suerte, que su centro B corresponda exâctamente á la extremidad B del exe, y la línea BI sea perpendicular á la AB, y póngase en su centro B un hilo: dispóngase de suerte dicha tablilla, que pueda moverse al rededor del exe AB: esto dispuesto, supongamos se ha de dividir la línea AD en los puntos por donde pasan los paralelos de los Signos: vuélvase la tablilla de suerte, que teniendo tirante el hilo cubra la BI, y venga al punto D: téngase firme en esta postura la dicha tablilla, y váyase pasando el hilo por las demas líneas del Zodíaco radioso; y puesto exâctamente sobre cada una de ellas, señálese en la AD

el



Estampa 6. Tom. 9.
fol. 98.
61.
62.
63.
64.
65.
66.
67.
68.
IRicarte sculp.

el punto en que la cortare el hilo, y se tendrán en esta línea todos los puntos de los Signos. De la misma suerte se señalarán dichos puntos en las demas líneas horarias, como si se han de señalar en la AE, se moverá la tablilla de suerte, que cayendo el hilo sobre BI, venga al punto E; y permaneciendo en esta disposicion la tablilla, se señalarán los demas puntos en la forma dicha.

Para dividir en estos puntos la línea de las 6, se volverá la tablilla de suerte, que la BI se constituya paralela á la Equinoccial; y extendiendo con el hilo los radios ó líneas de los Signos que miran hácia la línea de las 6, se dividirá esta línea como las otras en los puntos que se pretenden. Divididas todas las líneas horarias, se correrán por los puntos correspondientes líneas curvas, y estas serán en el Relox las expresiones de los paralelos de los Signos.

Demonstr. Moviéndose el plano ó tablilla del Zodíaco radioso al rededor del exe AB, la línea BI, que siempre es perpendicular al exe, y sale del punto B que es sensiblemente el centro del mundo, describe con su movimiento el plano de la Equinoccial, y los demas radios describen las pirámides cónicas de los paralelos de los Signos: luego los puntos en que estos radios cortan las líneas horarias, pertenecen á las dichas pirámides cónicas; pero las expresiones de los paralelos de los Signos en el plano de qualquiera Relox no son otro, que las comunes secciones de la superficie cónica, cuyo vértice es el cabo del Gnomon ó centro del mundo, y su basa el paralelo celeste: luego con esta práctica se describen legalmente los paralelos de los Signos.

PROP. VIII. Problema.

Modo segundo de colocar los paralelos de los Signos en todo género de Reloxes, que tienen su centro apartado del pie del Gnomon. (fig. 70.)

El modo arriba dicho, aunque es cierto en la especulativa, es poco seguro en la práctica, por la dificultad de operar en diferentes planos: el siguiente es substancial-

cialmente el mismo, y procede con mas seguridad por executarse en el mismo plano del Relox. Descrito pues el Relox con sus líneas horarias y Equinoccial, hágase la DC perpendicular á la substilar, é igual al Gnomon, y la AC representará el exe del mundo: póngase la vara AB fixa en A, centro ó polo del Relox, con un clavo de tal suerte, que pueda rodar allí libremente: señálese en ella la AB igual á AC, y póngase en B el Zodíaco radioso de modo, que su centro esté en el puntó B, y la BI sea perpendicular á la AB: con esto se señalarán los puntos de los signos en las líneas horarias, como se sigue.

Muévase la vara AB hasta ponerse en parage, que la BI alargada con un hilo venga al punto E, en que la Equinoccial corta la línea horaria AE: alárguense las demas líneas del Zodíaco radioso con el hilo hasta que corten la AE: señálense los puntos en que fuere cortada, y por estos pasarán los paralelos de los signos. Hágase lo mismo en las demas líneas de las horas, volviendo la vara hasta que la BI mediante el hilo cayga en su punto Equinoccial, como en la AH al punto H; y alargando las demas líneas, quedarán divididas en los puntos de los paralelos de los signos, que se unirán con una línea curva como en la antecedente, y se habrán expresado los paralelos de los signos. Para señalar los puntos de la línea de las 6, se ajustará la línea AB sobre la substilar AE, y extendiendo las líneas del radio hasta que corten la de las 6, quedará esta dividida como se pide.

PROP. IX. Problema.

Modo tercero de describir los paralelos de los signos en todos los Reloxes, cuyo centro dista del pie del Gnomon: explícase en el Relox horizontal y vertical sin declinacion. (fig. 71. y 72.)

Este tercer modo de colocar los paralelos de los signos, es tambien universal para todos los Reloxes, cuyo centro dista del pie del Gnomon; pero para mayor claridad, le explicaré ahora en los horizontales y verticales sin declinacion, y en la proposicion siguiente en los demas Reloxes.

De-

Delineado pues (*propos.* 6 ó 7 *lib.* 2) el Relox horizontal con su Equinoccial y demas puntos acostumbrados, como se vé en la *fig.* 71. se delineará el Zodíaco radioso como otras veces, y se vé en la *fig.* 72. en el qual se tirará la AE perpendicular á la AB, y que sea igual á la CF del Relox, distancia de su centro á la extremidad del Gnomon. Hecho esto, se tirará por E una paralela á la AB, que será la línea de las 6: luego se irán tomando todas las distancias que hay en el Relox desde el punto D, que sirvió para dividir la Equinoccial en los puntos horarios, hasta estos puntos, y se irán pasando al Zodíaco radioso desde el punto A sobre la línea AB, que es la de Aries y Libra. Del punto E por todas las divisiones de la AB tírense líneas, que serán las de las horas, y se notarán con sus propios números correspondientes á las horas que se fuéron tomando del Relox: con esto se colocarán los paralelos de los signos en el Relox, en esta forma.

Para señalar en la línea de las 12 del Relox los puntos por donde han de pasar dichos paralelos, se tomarán con el compas en la línea de las 12 del Zodíaco radioso las distancias desde E hasta los radios de los signos, y se pasarán al Relox desde su centro C sobre la línea de las 12, y se tendrán en esta los puntos sobredichos: hágase lo mismo en las demas líneas horarias, tomando en el Zodíaco radioso las distancias que en cada una de ellas hay desde E hasta los puntos en que son cortadas por los radios, y pasándolas al Relox sobre las líneas horarias sus correspondientes: y con esto se tendrán en todas ellas los puntos por donde pasan los paralelos de los signos; y guiando líneas curvas por los que pertenecen á un mismo signo, se habrán descrito los paralelos que se desean.

Para señalar los mismos puntos en las horas que están sobre la horizontal, que son las 5 de la mañana y las 7 de la tarde, se irá al Zodíaco radioso, y hecho centro en E, con qualquier abertura de compas se hará un arco de círculo, que cortará la línea E6 en un punto F, y la de las 7 de la mañana y 5 de la tarde en G: córtese el arco FH igual á FG, y tírese la línea EH, y esta será en el Zodíaco radioso la de las 5 de la mañana y 7 de la tar-

tarde, y extendida cortará á la línea A Cáncer; tómese la distancia que hay desde E hasta dicho corte, y pásese al Relox desde el centro C sobre las líneas de las 5 y 7, y se tendrá en ellas el punto por donde pasa el paralelo de Cáncer.

En el Relox vertical sin declinacion se colocan los paralelos de los Signos de la misma manera, por ser general la regla dada: solo se ha de advertir, que en el Zodíaco radioso se han de colocar los caractéres de los Signos al contrario que en el horizontal; porque en el arco BD donde para el horizontal se pusieron los australes, se han de colocar los Boreales, y en BC los Australes.

PROP. X. Problema.

Inscribir los paralelos de los Signos en los Reloxes declinantes y en los inclinados. (*fig.* 73. *y* 74.)

Operacion. Delineado el Relox vertical declinante, como en la *fig.* 73. cuyo centro ó polo es L, AB la línea horizontal, C el pie del Gnomon perpendicular á la pared, y su longitud CO, el exe LO, y el centro de la division de la Equinoccial el punto P, se dispondrá el Zodíaco radioso, como se acostumbra y se vé en la *fig.* 74. y tirando por su centro A la CB perpendicular á la línea del medio, se cortarán así la AC, como AB iguales al exe LO del Relox. Tómense con el compas todos los intervalos que hay en el Relox desde el punto P hasta los puntos horarios de la Equinoccial, que caen á la siniestra de la substilar, respecto de quien mira el Relox, y pásense al Zodíaco radioso desde A sobre la línea del medio: tírense del punto C rectas por dichos puntos, que serán las de las horas sobredichas, y se notarán con sus números, como se vé en la *fig.* 74. Tómense de la misma suerte los intervalos que hay desde P hasta los puntos horarios equinocciales, que están á la diestra de la substilar, y pásense desde A sobre la misma línea media del Zodíaco radioso; y desde B tírense rectas por los puntos señalados, y serán las de las horas de aquella parte, y nótense con sus números.

Adviértase, que todas estas líneas se pueden tirar de

so-

solo el punto B ó C; pero se tiran de diferentes, para que no se confundan por la poca distancia que hay entre algunas de ellas: con que las líneas del radio, que están entre la del medio y el punto C ó B, se suponen pertenecer á los Signos australes, aunque en el radio lleven el carácter de los septentrionales; y así las distancias de B á la línea A Capricornio, sirven para poner en el Relox el Trópico de Capricorno en las horas 9, 10, 11, 12, 1 que salen de B; y las distancias de C a la línea A Cáncer sirven tambien para poner el Trópico de Capricorno en las horas 4, 5, 6, 7, 8 que salen de C; y al contrario en las mas distantes.

Nótese tambien, que si la línea substilar coincidiese con alguna de las líneas horarias, bastaria entónces tirar las sobredichas líneas de uno de los puntos B ó C; ni seria menester pasar del Relox al Zodíaco radioso todos los puntos horarios, sí solos los de la diestra ó siniestra de la substilar; porque en este caso tantas hay á la una parte de la substilar como á la otra, y con las mismas distancias, por ser la substilar en este caso, como la meridiana en el Relox horizontal ó vertical sin declinacion.

Dispuesto lo sobredicho, se colocarán en el Relox los paralelos de los Signos como en los antecedentes. Tómese con el compas el intervalo que hay en el Zodíaco radioso desde B hasta la seccion de la línea de las 12 con el Trópico de Capricorno, y pásese á la línea de las 12 del Relox desde su centro L, y señálese allí un punto, y por este pasará el Trópico de Capricorno: tómense asimismo las distancias entre el punto B del Zodíaco, y las intersecciones del mismo Trópico de Capricorno con las horas 9, 10, 11 de la mañana y 1 de la tarde, y pásense á sus correspondientes en el Relox desde el centro L, y se tendrán en las horas que están á la diestra de la substilar los puntos por donde ha de pasar el Trópico de Capricorno. Tómense asimismo en el Zodíaco desde el punto C las distancias, hasta el Trópico de Cancro (que en este caso suponemos, que el carácter de Cancro signifique Capricorno) en las líneas de las horas 4, 5, 6, 7, 8, y pásense á las correspondientes en el Relox, y se tendrán los puntos por donde ha de pasar dicho Trópico en las líneas horarias que caen á la izquier-

quierda de la substilar : váyase guiando una línea curva por dichos puntos, y esta será el paralelo de Capricorno en el Relox. De esta misma manera se colocarán los demas paralelos.

De la misma suerte se obrará en el Relox boreal declinante; porque las líneas y paralelos de los signos, que en el que hemos descrito caen sobre la horizontal AB, son las del Relox declinante boreal, que tiene la misma declinacion á la parte opuesta, solo con que se invierta el Relox, por tener el boreal su centro baxo de la línea horizontal. El Gnomon es igual á CO, si se coloca en C perpendicular á la pared, ó si se pone en el centro, será su longitud LO con inclinacion igual al ángulo OLC, y directamente sobre la substilar LC, como en otras ocasiones queda dicho, y en entrambos casos la sombra del punto O señalará los paralelos.

En los Reloxes inclinados se colocan los paralelos de los signos, observando las mismas reglas: y por no ocurrir cosa especial digna de advertirse, no quiero cansar con proponer en particular su operacion.

CAPITULO III.

DE LA COLOCACION DE LAS HORAS Italianas y Babilónicas en los Reloxes de Sol.

HOras Italianas y Babilónicas, son las que dividen el dia natural en 24 partes iguales, solo que las Babilónicas empiezan á numerarse del punto en que sale el Sol, y las Italianas del punto en que se pone. Comenzáron á contar las horas del dia desde el punto en que sale el Sol, no solo los Babilónicos, sí tambien los Persas, y otras Naciones orientales; y se observa ahora este estilo en Mallorca. Diéron principio á la numeracion de las horas desde que el Sol se pone antiguamente los Hebreos, Arabes, Siros, Atenienses y otras Naciones; y al presente se guarda este estilo en Italia y Norimberga: los círculos que forman este género de horas se explican en la proposicion siguiente.

PROP.

PROP. XI. Teorema.

Explícanse los círculos que forman las horas Italianas y Babilónicas. (*fig.* 75.)

Antes de inscribir en los planos de los Reloxes las horas Babilónicas é Italianas, convendrá mucho hacer algun concepto de los círculos, que en la esfera celeste forman las horas sobredichas: estos son unos círculos mâxîmos, que dividen todos los paralelos por donde anda el Sol en 24 partes iguales, empezándolas á contar, ú de la parte oriental del horizonte, segun los Babilónicos, ú de la occidental, segun los Italianos. Trató de ellos Teodosio Tripólita en el *lib.* 2 de los Esféricos; y aunque es dificultoso el imaginarles, si no se vén descritos en una esfera, procuraré darme á entender lo bastante, para que se forme de ellos alguna idea.

Sea en la *fig.* 75. AEB el Meridiano; BKD el Horizonte: sea EGD entre los paralelos á la Equinoccial el mâxîmo de los siempre aparentes, que por consiguiente toca al Horizonte sin cortarle en el punto D; y sea BL el mayor paralelo de los que nunca aparecen. Esto supuesto, porque los Babilónicos empezaban á contar sus horas del punto en que el Sol amanece, y el dia constaba de 24 horas, es constante, que saliendo el Sol por el punto K del Horizonte, seria la hora 24, y siendo el arco KH de 15 grados, en llegando el Sol al punto H seria la 1; y en llegando al punto I, siendo tambien HI de 15 grados, serian las 2, y así las demas: con que el paralelo NM da las horas sobredichas si se divide en 24 partes iguales, empezando del punto K hácia arriba: lo mismo sucede estando el Sol en otro qualquiera paralelo, como en OP; porque en el punto Q del Horizonte son las 24, en R la 1, y en S las dos, &c. luego aquellos círculos formarán las horas Babilónicas, que empezando siempre del Horizonte ortivo, dividen todos los paralelos al Equador en 24 partes iguales.

Los círculos pues que executan esta uniforme division, no son otros que unos círculos mâxîmos tangentes al paralelo EGD, que es el mayor de los siempre aparentes; y por

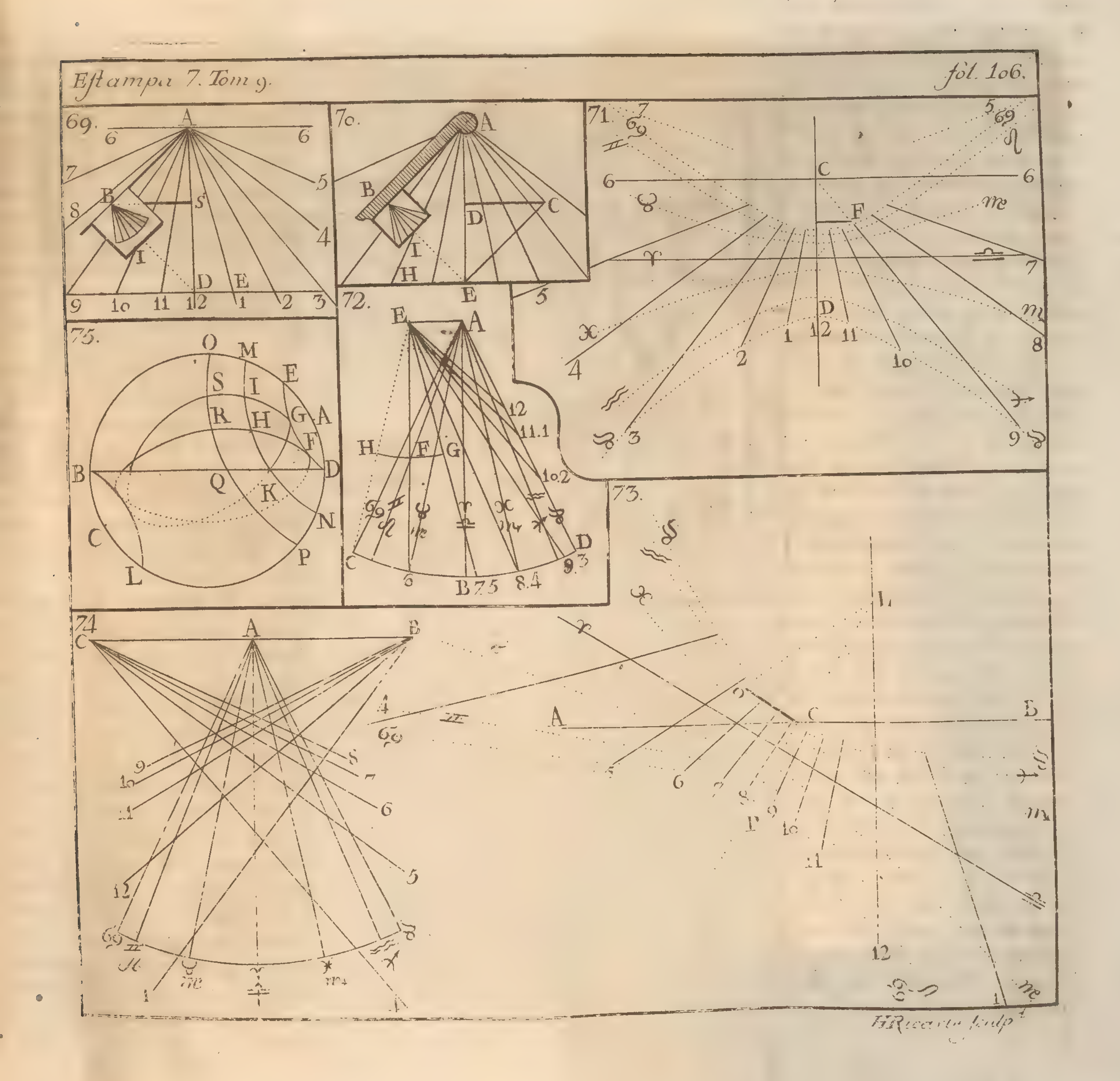
por consiguiente, tangentes tambien en el punto opuesto al paralelo BL, máxîmos de los siempre ocultos, lo qual es en esta forma. Supóngase dividido el paralelo EGD en 24 partes iguales, empezando del punto D; y en otras 24 el paralelo opuesto BL: considérense descritos unos círculos máxîmos, que toquen al paralelo EGD en los puntos de dichas divisiones; y por consiguiente al opuesto BL en las opuestas, y estos dividirán todos los paralelos contenidos entre entrambos en 24 partes iguales, como demuestra Teodosio en la *propos.* 13 del *lib.* 2, y consiguientemente serán los de las horas Babilónicas, si se empieza la division de la parte oriental; y de las Italianas, si se empezare de la parte occidental.

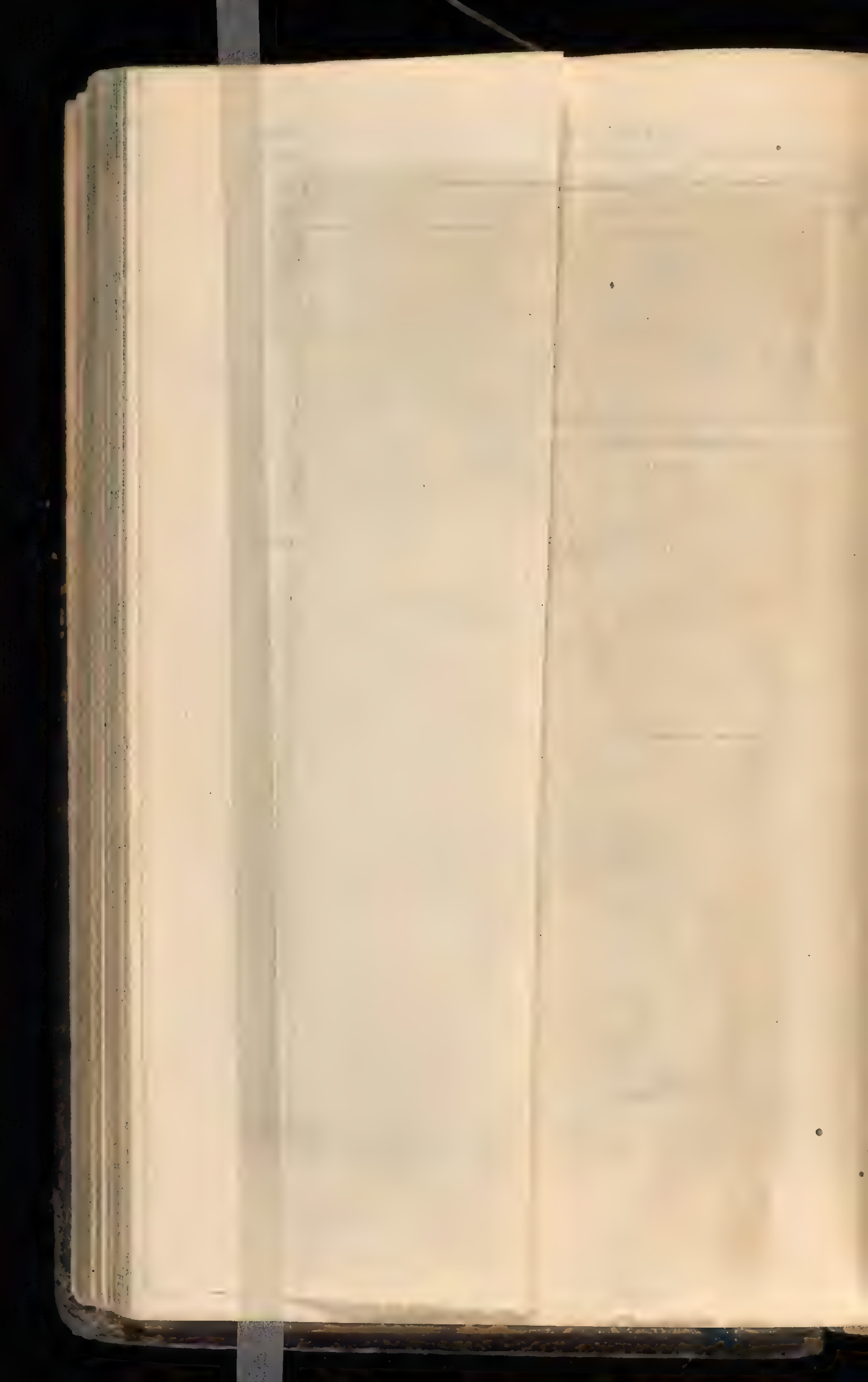
De que se sigue lo primero, que en qualquiera paralelo que se halle el Sol al punto que sale por el Horizonte, es la hora 24 Babilónica, y luego se van siguiendo las demas 1, 2, &c. por su órden; y como desde que nace el Sol hasta que se pone, haya algunas veces mas horas, á veces ménos, se sigue, que el semicírculo oriental del Horizonte no pertenece á hora alguna Babilónica determinada: lo mismo digo del semicírculo occidental del Horizonte respecto de las horas Italianas.

Síguese lo segundo, que si el paralelo EGD, máxîmo de los siempre aparentes, se divide en 24 partes iguales, y se describen unos círculos máxîmos que toquen al sobredicho en los puntos de sus divisiones, estos dividirán de 15 en 15 grados todos los paralelos por donde anda el Sol; y hallándose este en el Horizonte BD en qualquiera paralelo, como en K ó en Q, &c. será la hora 24, y hallándose en FHR en qualquiera paralelo, hora sea en H ó en R, será la 1, y así en las demas horas.

Adviértase lo 1. que quando el Sol está en la Equinoccial, sale en qualquiera Horizonte á las 6, y se pone á las 6, y así las 7 de la mañana serán la 1 Babilónica, las 8 serán las 2, &c. y asimismo empezando por la tarde en las horas Italianas: de que se sigue, que en la Equinoccial las horas Babilónicas é Italianas coinciden con las horas Astronómicas ordinarias, y son las mismas, aunque con diferentes números.

Ad-


Estampa 7. Tom 9.
fol. 106.
69.
70.
71.
72.
73.
74
75.
HRicarte sculp.



Adviértase lo 2. que como estos círculos de las horas Babilónicas é Italianas sean círculos máxîmos, sus expresiones en qualquiera plano de Relox serán líneas rectas, (7. 1.) y por consiguiente solo se necesitará de dos puntos en cada una para describirla en el Relox; y como en la Equinoccial sean los puntos de estas horas los mismos que los de las Astronómicas, teniéndose ya los de estas, solo se necesitará de un otro punto para la descripcion de aquellas.

Adviértase lo 3. que los círculos sobredichos de las horas Babilónicas son los mismos que los de las Italianas; esto es, un mismo círculo, que segun la una mitad suya es Babilónico, segun la otra mitad es Italiano; y así el semicírculo oriental del Horizonte es la hora 24 Babilónica; y el occidental es la 24 Italiana: tambien en el círculo FHR, que toca al máxîmo paralelo de los aparentes ED en el punto F de la 1 despues de la media noche, el semicírculo FH, &c. que está sobre el Horizonte oriental, es la hora 1 Babilónica; y el otro semicírculo, que está debaxo el Horizonte occidental, es de la hora 1 Italiana, y así en los demas: con que si las líneas de las horas Babilónicas en los Reloxes se continúan mas allá del punto en que tocan al paralelo máxîmo de los aparentes, pasan á ser líneas de las horas Italianas de la misma apelacion.

Adviértase lo 4. que en el paralelo máxîmo de los aparentes y en el máxîmo de los ocultos; esto es, en los paralelos que se describen de uno y otro Polo tangentes al Horizonte, los puntos de las horas Astronómicas son unos mismos con los de las Babilónicas é Italianas, y tienen la misma apelacion ó números; asimismo concurren en otros muchos paralelos en unos mismos puntos las tres especies de horas Astronómicas, Itálicas y Babilónicas: porque quando el Sol va por aquel paralelo, en el qual sale en punto de las 5 de la mañana, y por consiguiente se pone en punto de las 7 de la tarde, el punto de la hora 6 Astronómica matutina es el de la 1 Babilónica; el de las 7 pertenece á las 2, el de las 8 á las 3, &c. asimismo en este paralelo el punto de las 8 Astronómicas de la tarde pertenece á la 1 Italiana; el de las 9 á las 2; el de las 10

á

á las 3, &c. Tambien en aquel paralelo en que saliere el Sol á las 4 Astronómicas, y se pusiere á las 8, el punto de las 5 Astronómicas de la mañana, será el de la 1 Babilónica; el de las 6 será el de las 2; el de las 7 las 3, &c. Y en este mismo paralelo, por ponerse el Sol á las 8 Astronómicas de la tarde, el punto de las 9 Astronómicas es el de la 1 Italiana; el de las 10 es el de las 2; el de las 11 es el de las 3, &c. De aquí se origina el modo que algunos usan para colocar las horas Babilónicas é Italianas en los Reloxes, que consiste en describir primero estos paralelos, como se verá en su lugar.

PROP. XII. Problema.

Describir en el Relox Equinoccial las horas Italianas y Babilónicas. (fig. 76.)

Operacion. Descríbase (3. *lib.* 2) el Relox equinoccial con sus horas Astronómicas; y á su meridiana AC sáquese del pie E del Gnomon la perpendicular EB igual al mismo Gnomon; y hecho centro en B, hágase el arco MN igual á la altura de Polo, y tirando la BN cortará á la meridiana en A, por donde se tirará la A24 perpendicular á AC, y esta será horizontal: del pie E del Gnomon con la distancia EA hágase un círculo, y este será el máxîmo de los aparentes, si la operacion se hace en la superficie superior del plano equinoccial; ó el máxîmo de los ocultos, si en la inferior. Tírense ahora líneas tangentes por las extremidades de las líneas horarias que cortan al sobredicho círculo, y estas serán las horas Itálicas y Babilónicas: es á saber, la parte de cada línea de estas, que cae hácia el Oriente, será la hora Babilónica, y la que hácia Poniente la Itálica, y se empezarán á contar desde la horizontal A24, que pertenece por la parte de Oriente á las 24 Babilónicas; y por la de Poniente, á las 24 Italianas.

Demonstr. El paralelo máxîmo de los aparentes es círculo menor: luego todas las líneas que de su circunferencia van á la extremidad del Gnomon, forman una pirámide cónica, cuyo vértice es la extremidad del Gnomon, y es-

este es su exe ; y su basa es el sobredicho círculo paralelo: siendo pues el plano del Relox el mismo de la Equinoccial, la seccion que forma en la pirámide sobredicha, será paralela á su basa ; y por consiguiente será círculo : luego la expresion del máxîmo de los aparentes, es el círculo descrito del centro E, que toca al Horizonte A24, en el punto en que este es cortado por el Meridiano. Que las líneas tangentes que se han tirado, sean las de las horas Itálicas y Babilónicas, se demuestra ; porque los planos de estas horas tocan al máxîmo paralelo de los aparentes en aquellos puntos en que es cortado de las horas Astronómicas : luego sus planos son perpendiculares á los de las horas Astronómicas ; y por consiguiente, las líneas que se han tirado tangentes al máxîmo de los aparentes por las extremidades de las horas Astronómicas, son las de las horas Itálicas y Babilónicas.

PROP. XIII. Problema.

Otro modo mas expedito para describir las horas Itálicas y Babilónicas en el Relox Equinoccial. (*fig.* 77.)

Operacion. Descríbase el Relox Equinoccial con los paralelos de los signos (4.) y con la línea horizontal KL, como en la proposicion antecedente, y hecho centro en E pie del Gnomon, descríbase un círculo por la interseccion de la línea horizontal con la de las horas 5 y 7 Astronómicas, y este será el paralelo por donde camina el Sol el dia que tiene justas 14 horas ó 10 horas; ó que sale el Sol á las 5 ó á las 7. En el Relox superior será dicho círculo el paralelo del dia de 14 horas; y en el inferior, el de 10 horas : hecho esto, se tirarán con grande expedicion las horas Italianas y Babilónicas por las intersecciones de este círculo con las horas Astronómicas en la forma siguiente.

Aplíquese la regla al punto en que la línea de las 6 Astronómica de la tarde corta el sobredicho círculo, y al punto en que le corta la de las 8 de la mañana, y tírese una línea, que será la hora 23 Italiana en el Relox

lox superior, y la 1 Babilónica en el inferior. Asimismo aplíquese la regla al corte de las 5 Astronómicas de la tarde con el dicho círculo y al corte de las 9 de la mañana, y tirada la línea se tendrán las horas 22 Itálicas en el Relox superior; y en el inferior las 2 Babilónicas. Aplíquese la regla al corte que hacen con el círculo las 4 Astronómicas de la tarde y las 10 de la mañana, y se tendrán en el superior la hora 21 Itálica, y en el inferior las 3 Babilónicas; y así se irá prosiguiendo la operacion, corriendo todo el círculo hasta volver á la línea de la hora 23 Itálica. Concluido esto, aplíquese la regla á la seccion que hacen con el círculo las 6 Astronómicas de la mañana, y las 4 Astronómicas de la tarde, y se tirará en el superior la 1 Babilónica, y en el inferior la 23 Italiana: y asimismo se irán describiendo las demas horas, corriendo otra vez con el órden referido todo el círculo hasta volver á la hora 1 Babilónica. Y para no perturbarse, se observará, que siempre que se aplica la regla á los dos puntos ó secciones opuestas, han de quedar sobre la regla nueve secciones ó puntos, y con esto se procederá con seguridad. Las líneas se notarán con sus números en la forma que se expresa en la figura: con esto quedan hechos con una misma operacion entrambos Reloxes, superior é inferior, así el Italiano, como el Babilónico. El fundamento de esta descripcion se puede colegir de lo dicho en la *prop.* 11.

PROP. XIV. Problema.

Describir las horas Itálicas y Babilónicas en el Relox Polar. (*fig.* 78. *y* 79.)

Descrito el Relox polar (5. *lib.* 2) con su Equinoccial, se describirá en él la línea horizontal en esta forma: Del punto B de las 3 en la Equinoccial, que dista del punto Meridiano A, tanto quanto es la longitud del Gnomon: hágase con qualquier abertura el arco AE igual al complemento de la altura de Polo: tírese la oculta BE, que cortará á la meridiana en T: tírese por el punto T una

una paralela á la Equinoccial, y esta será la línea horizontal, y tambien la línea de las 24 horas, de tal suerte, que la parte de la izquierda de quien mira al Relox, será de las 24 Babilónicas, y la diestra de las 24 Itálicas. Tírese otra línea KM debaxo la Equinoccial y paralela á ella, tan distante, quanto dista de la misma Equinoccial la horizontal HI, y esta será la línea de las 12 Babilónicas é Italianas: en las rectas HI y KM señálense los puntos de las medias horas; y con esto se tirarán las líneas de las horas Italianas y Babilónicas como se sigue.

Empecemos por las Babilónicas. Es constante, que en la Equinoccial tenemos todos los puntos de las horas Babilónicas; porque el punto A es el de las 6, y por consiguiente, empezando por la izquierda el primer punto ú de las 7 Astronómicas, es el de la 1 Babilónica; el siguiente el de las 2, luego se sigue el de las 3, el de las 4, &c. con que se tienen allí los puntos de las horas Babilónicas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. Tírese por el punto A de las 12 Astronómicas, y por el punto de las 3 Astronómicas en la horizontal una línea, y esta será la de las 6. Asimismo tírese otra línea por la 1 en la Equinoccial, y por el punto de las 3 y media en la horizontal; otra por las 2 en la Equinoccial y por las 4, en la horizontal; otra por las 3 de la Equinoccial, y por las 4 y media de la horizontal; y de esta manera se irán tirando todas las horas Babilónicas consecutivamente, procediendo por horas enteras en la Equinoccial, y por medias horas en la horizontal, y quedarán puestas en el Relox las horas Babilónicas.

De la misma manera se describirán las horas Italianas, porque se tienen en la Equinoccial las horas 13, que es la primera despues de salido el Sol, las 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23. Júntense pues con una línea las 13 de la Equinoccial con las 6 y media en la horizontal; las 14 equinocciales con las 7, las 15 con las 7 y media horizontales, las 16 con las 8, las 17 con las 8 y media, &c. y quedará concluido.

Demonstracion. Que la línea de las 6 Babilónicas pase por el punto en que la meridiana corta la Equinoccial, es constante; porque como allí salga el Sol á las 6,

las

las 12 Astronómicas serán las 6 Babilónicas. Tambien que esta misma línea haya de pasar por el punto en que la hora 3 Astronómica corta á la horizontal ó línea de las 24 horas, es cierto; porque el círculo de las 6 Babilónicas, y el de las 24, tocan al paralelo máxîmo de los aparentes en unos puntos que distan igualmente del punto en que dicho paralelo es cortado por el círculo de las 3 Astronómicas; porque de las 24 á las 3 van tres horas, como tambien de las 3 á las 6; luego dichas líneas de las 6 y de las 24 se han de cortar en un mismo punto de la línea de las 3 Astronómicas, como lo demuestra el P. Clavio en la *prop.* 20 del *lib.* 1 de su *Gnomónica*; y siendo la línea de las 24 la misma horizontal, cortará la línea de las 6 Babilónicas á la de las 3 Astronómicas en el punto en que esta corta á la horizontal; y como la misma horizontal corte la meridiana en el punto T, se sigue, que entre el punto T y la línea de las 6 Babilónicas ó 3 Astronómicas, no hay mas que 3 horas Astronómicas, habiendo 6 en la Equinoccial: luego las líneas de las horas Babilónicas que pasan por los puntos de las Astronómicas enteras en la Equinoccial, es forzoso pasen por los puntos de la horizontal que distan entre sí solamente una media hora.

Los números de las horas se pondrán con el órden que se vé en la figura: y para mayor claridad, en las dos Tablas siguientes se hallarán los puntos en que se cortan las tres especies de horas, Italianas, Babilónicas y Astronómicas, así en la Equinoccial como en la horizontal HI; y en la línea de las 12 KM. Para que el Relox parezca mejor, se quitará lo superfluo, tirando los trópicos, y quitando todas las líneas que caen fuera de ellos, como se vé en la *fig.* 79. pues la sombra del Gnomon jamas puede salir del espacio que comprehenden entre sí los Trópicos.

Ho-

Horas Babil.	*Horizont.*	*Equinoccial.*	*Línea KM.*
1	12 y m.	7	7 y m.
2	1	8	7
3	1 y m.	9	7 y m.
4	2	10	8
5	2 y m.	11	8 y m.
6	3	12	9
7	3 y m.	1	9 y m.
8	4	2	10
9	4 y m.	3	10 y m.
10	5	4	11
11	5 y m.	5	11 y m.

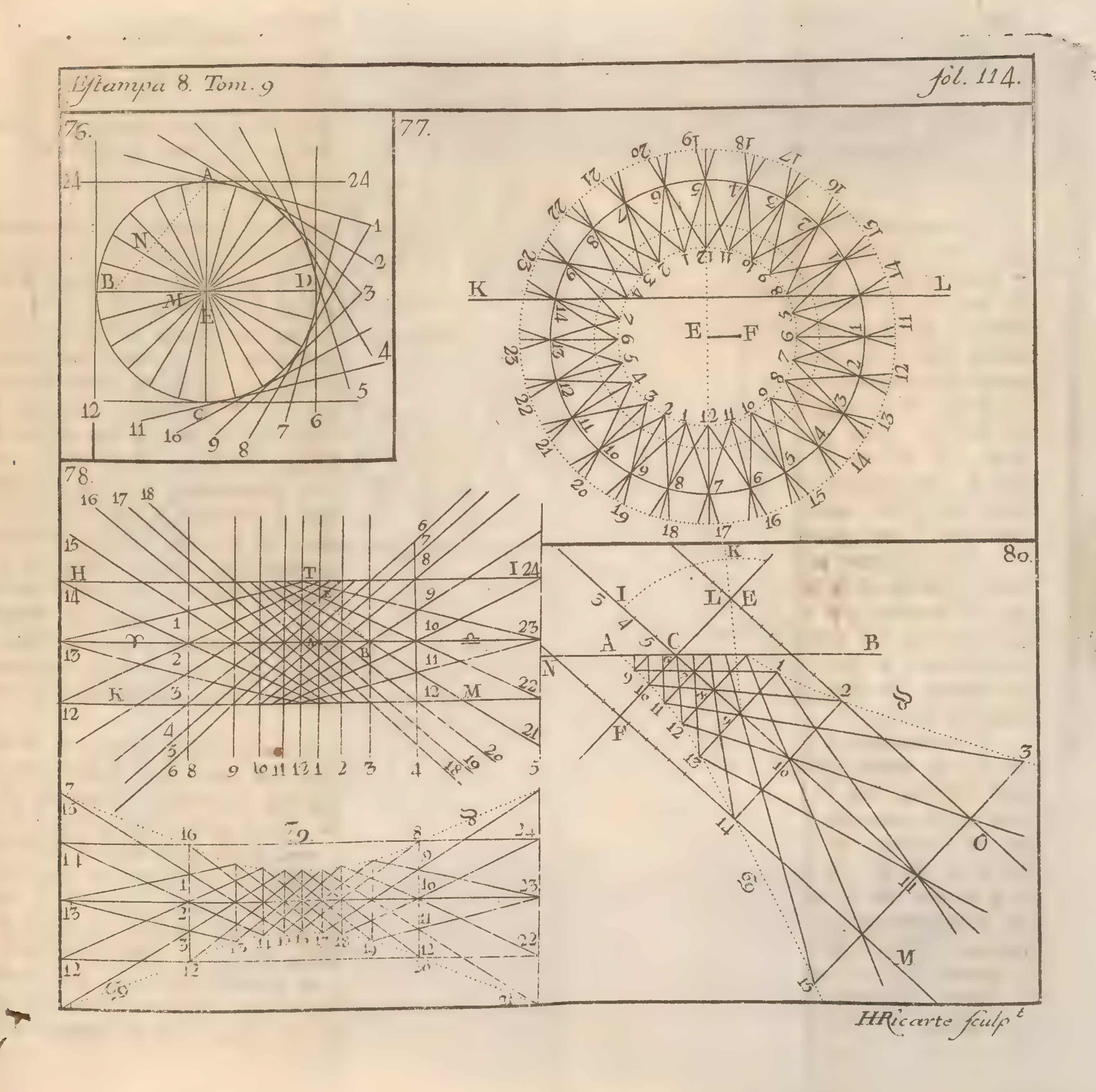
Horas Ital.	*Horizont.*	*Equinoccial.*	*Línea KM.*
23	11 y m.	5	5 y m.
22	11	4	5
21	10 y m.	3	4 y m.
20	10	2	4
19	9 y m.	1	3 y m.
18	9	12	3
17	8 y m.	11	2 y m.
16	8	10	2
15	7 y m.	9	1 y m.
14	7	8	1
13	6 y m.	7	12 y m.

PROP. XV. Problema.

Describir las horas Itálicas y Babilónicas en el Relox Meridiano ; así Oriental como Occidental. (*fig.* 80.)

Operacion. Descríbase primeramente el Relox meridiano , por exemplo , el oriental con las líneas Equinoccial y horizontal , (14 *lib.* 2) cuyo Gnomon recto siempre es igual á la distancia que hay del punto C , en que se coloca , hasta el punto de la hora 9 en la Equinoccial: hecho centro en este punto de las 9 , descríbase con qualquier abertura un arco IK , y cuéntese desde I hasta K la altura de la Equinoccial de la region donde se hace el Relox : tírese la recta oculta 9K , y esta cortará á la línea EF de las 6 Astronómicas en el punto L : tírese por L una paralela á la Equinoccial , y será el paralelo máxîmo de los aparentes : tómese CF igual á CL , y tírese por F otra paralela , y será el máxîmo paralelo de los ocultos , como se demonstrará despues. Estas dos paralelas cortarán á la horizontal AB en los puntos de las 3 de la mañana , y 9 de la tarde : divídanse entrambas paralelas en los puntos de las horas y medias horas Astronómicas , y por estos puntos y los de la Equinoccial, se tirarán las líneas de las horas Babilónicas é Itálicas como se sigue.

Primeramente , la paralela inferior sirve para las 6 ; esto es , su mitad inferior FM para las 6 Babilónicas , y la otra FN para las 6 Itálicas : asimismo la paralela de arriba sirve para las 18 ; es á saber , la parte LO para las 18 Itálicas , y la otra parte para las 18 Babilónicas. La línea de las 17 Itálicas se tirará por el punto de las 6 y media de la paralela de arriba ; por el de las 11 en la Equinoccial ; y por el de las 12 y media en la paralela inferior. La línea de las 16 Itálicas se tirará por el punto de las 5 en la paralela superior ; por el de las 10 en la Equinoccial ; y por el de las 11 en la paralela inferior , y así de las demas. De la misma suerte se pro-


76.
77.
78.
79.
80.
H.Ricarte sculp.t

procederá en las horas Babilónicas tirando las líneas por los puntos que enseñan las dos tablas siguientes. Descríbanse tambien los trópicos , y se terminarán en ellos todas las líneas horarias , como se vé en la figura.

Demonstracion. De la Equinoccial al polo del mundo hay 90 grad. luego del punto C , en que el círculo de las 6 Astronómicas corta á la Equinoccial , hay hasta el polo 90 grados del sobredicho círculo ; y habiendo desde el polo hasta la circunferencia del paralelo máxîmo de los aparentes tantos grados quantos hay de altura de polo, se sigue habrá desde el punto C hasta la circunferencia de dicho máxîmo paralelo tantos grados quantos hay en el complemento de la altura de polo : luego el máxîmo de los aparentes pasa por el punto L hasta donde se contó dicho complemento : luego la línea LO paralela á la Equinoccial es en el plano del Relox el sobredicho paralelo máxîmo aparente ; y por la misma razon es FM el máxîmo de los siempre ocultos. Dividiendo pues estas dos líneas en las medias horas Astronómicas , y tirando por sus divisiones y las de la Equinoccial líneas rectas con el órden prescrito , se tendrán las horas Itálicas y Babilónicas por la misma razon que se dixo en la proposicion antecedente.

Horas Ital.	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Paral. superior.	5 y m.	5	4 y m.	4	3 y m.	3	2 y m.	2	1 y m.
Equinoccial.	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Paral. inferior.	11 y m.	11	10 y m.	10	9 y m.	9	8 y m.	8	7 y m.

Horas Babil.	1	2	3	4	5
Paral. superior.	9 y m.	10	10 y m.	11	11 y m.
Equinoccial.	7	8	9	10	11
Paral. inferior.	3 y m.	4	4 y m.	5	5 y m.

PROP.

PROP. XVI. Problema.

Modo 1 para delinear las horas Italianas y Babilónicas en el Relox horizontal.
(fig. 81. y 82.)

Operacion. Descríbase el Relox horizontal con las horas ordinarias y medias horas, y la Equinoccial (6 *lib.* 2) sea A; el lugar del Gnomon y su longitud AB; el centro del Relox sea H, y HB el exe del mundo; hecho centro en B, hágase el arco CD igual á la altura de polo: tírese la oculta BD, que cortará la meridiana en I, por donde se tirará la EIF perpendicular á la meridiana, y esta será la línea de las 12, cuya parte IE será para las 12 Babilónicas, y la IF para las 12 Italianas; y al contrario, los puntos en que las horas y medias Astronómicas cortan la IE, servirán para tirar las líneas de las horas Babilónicas, y los de la IF para las Italianas: tirarse han estas en la misma forma, que se dixo en los Reloxes antecedentes, de los puntos sobredichos, por los de la Equinoccial. Las tablas siguientes explican, por qué puntos de la línea de las 12 y de la Equinoccial se han de tirar las sobredichas horas, las quales se terminarán en los Trópicos, como en los Reloxes antecedentes; y concluido el Relox, quedará como el que se vé en la *fig.* 82. hecho para diferente altura que el planteado en la *fig.* 81.

Demonstracion. El arco CD es igual á la altura de polo: luego el punto I dista del punto C quanta es la altura de polo; (1 *lib.* 2) y como el máxîmo paralelo de los siempre aparentes corte al meridiano en un punto tan distante del polo quanta es la altura de este, se sigue que I es el punto por donde pasa el dicho paralelo: luego el círculo máxîmo de las 12 que toca el mismo paralelo en el punto I, pasa por este punto; y como así este círculo máxîmo, como el Horizonte, sean perpendiculares al Meridiano, se sigue, que su comun seccion será perpendicular á la línea meridiana: luego es la recta EF; y por tocar dicho círculo máxîmo al mayor de los parale-

lelos aparentes en el punto de las 12 Astronómicas, es dicha línea EF la de las 12 Itálicas y Babilónicas en la forma dicha. Que las horas Itálicas y Babilónicas se hayan de tirar como se ha explicado, consta de lo demonstrado en la *prop.* 14.

Si faltaren algunos puntos para poder tirar las horas Babilónicas, se hallarán fácilmente en las intersecciones de las Italianas con las Astronómicas, y al contrario.

Horas Ital.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Lin. de las 12	med.	1	1 y m.	2	2 y m.	3	3 y m.	4	4 y m.	5	5 y m.
Equinoccial.	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5

Horas Babil.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lin. de las 12	6 y m.	7	7 y m.	8	8 y m.	9	9 y m.	10	10 y m.	11	11 y m.
Equinoccial.	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5

PROP.

PROP. XVII. Problema.

Modo 2 para describir las horas Itálicas y Babilónicas en el Relox horizontal.

Operacion. Descrito el Relox horizontal con sus horas y medias y su línea Equinoccial, se tirará por el punto de las 7 de la mañana en la Equinoccial una línea paralela á la de las 12 y media Astronómicas, y dicha línea será la 1 Babilónica: la de las 2 se tirará por las 8 de la Equinoccial, y paralela á la 1 Astronómica: la de las 3 por las 9, y paralela á la 1 y media: la de las 4 por las 10, y paralela á las 2: la de las 5 por las 11, y paralela á las 2 y media: la de las 6 por las 12, y paralela á las 3: la de las 7 por la 1 de la tarde, y paralela á las 3 y media: la de las 8 por las 2, y paralela á las 4: la de las 9 por las 3, y paralela á las 4 y media: la de las 10 por las 4, y paralela á las 5: la de las 11 por las 5, y paralela á las 5 y media: la de las 12 es paralela á la de las 6, y por consiguiente á la Equinoccial, y se tira como se dixo en la proposicion antecedente: la de las 13 es paralela á la de las 6 y media; y la de las 14 á la de las 7: y la de las 15 á la de las 7 y media; pero estas últimas, por no tener puntos en la Equinoccial, se habrán de tirar por otros fuera de ella, como por el concurso de las Astronómicas con las Itálicas; y al contrario, supuesto que las dichas especies de horas siempre se cortan en unos mismos puntos con las Astronómicas.

De la misma manera se describirán las horas Italianas; esto es, la 23 Italiana se tirará por las 5 de la tarde en la Equinoccial, y paralela á las 11 y media Astronómicas: la 22 por las 4 de la tarde, y paralela á las 11, y así de las demas, para lo qual se observará esta regla general: pártase por medio el número de la hora Itálica ó Babilónica, y su mitad será la hora Astronómica á quien es paralela. *Exemplo.* Sea la hora Itálica 17, la mitad de 17 es 8 y media. Digo pues, que es paralela á las 8 y media Astronómicas. El número de la hora por quien ha de pasar en la Equinoccial, se hallará en las tablas de la proposicion antecedente, buscando dicha hora en la línea superior, y el nú-

número que le corresponde en la que tiene por título *Equinoccial*, será la hora que se busca.

Demonstr. En el Horizonte el punto de las 12 y media, por exemplo, y el de la 1 Babilónica son uno mismo, como consta de lo dicho en las proposiciones pasadas; porque supuesto se ponga el Sol media hora despues de mediodía, es forzoso salga media hora ántes de mediodía: luego se pondria una hora despues de salido, y por consiguiente dicho punto de las 12 y media seria la 1 Babilónica. Esto supuesto, los círculos de dichas horas, por ser máxîmos, se cortan en dos puntos opuestos del Horizonte, uno de los quales es el de las 12 y media: luego su comun seccion está en el Horizonte; y como el plano del Relox horizontal sea paralelo al Horizonte, las comunes secciones de dichos círculos con el plano del Relox serán paralelas á la seccion comun de entrambos en el Horizonte: luego son paralelas entre sí; y asimismo en las demas horas.

PROP. XVIII. Problema.

Describir las horas Itálicas y Babilónicas en qualquiera plano vertical ó inclinados, con declinacion ó sin ella. (fig. 83.)

La regla siguiente es general para todos los sobredichos Reloxes. Constrúyase pues el Relox con su línea horizontal AB, y con su Equinoccial y Trópicos: señálense los puntos de las horas Astronómicas en la Equinoccial, y los de las mismas horas y medias en la horizontal: tírense líneas rectas de los puntos de la horizontal por los de la Equinoccial, segun se expresa en las tablas siguientes, y estas serán las horas Itálicas y Babilónicas, que se terminarán en los Trópicos, como se vé en la *fig.* 83, que es de un Relox vertical con declinacion. La razon queda dicha en otras partes.

Adviértase, que en el Relox declinante ó inclinado hay algunas líneas horarias, que no tienen puntos en la horizontal; y en este caso se tirarán por los puntos en que las líneas de las horas Astronómicas cortan á las Babilónicas ó á las Itálicas, como se vé en la misma figura.

Ho-

Horas Ital.	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
Horizonte.	11 y m.	11	10 y m.	10	9 y m.	9	8 y m.	8	7 y m.	7	6 y m.
Equinoccial.	5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7

Horas Babil.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Horizonte.	12 y m.	1	1 y m.	2	2 y m.	3	3 y m.	4	4 y m.	5	5 y m.
Equinoccial.	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5

LEMA.

Describir en los planos de los Reloxes qualquiera paralelo en que sale el Sol al principio de cierta hora Astronómica. (*fig.* 84.)

El modo de colocar en los planos de los Reloxes qualquiera paralelo á la Equinoccial, es el mismo que el explicado en las *propos.* 4. 5. &c. de este libro, para describir en ellos los paralelos que pasan por los principios de los Signos: solo es menester añadir al Zodíaco radioso un otro radio tan distante de la línea del medio, quanta es la declinacion del paralelo sobredicho. La declinacion de qualquiera paralelo se hallará con toda precision por Trigonometría como se sigue. Supongamos se quiere saber la declinacion del paralelo en que sale el Sol una hora ántes de las 6, ó á las 5 de la mañana. Sea pues en la *fig.* 84. el Meridiano ABCD; el Horizonte EF; la Equinoccial BD que corta al Horizonte en el punto G, que es el del verdadero Oriente ú de las 6 horas: sea KL el paralelo en que sale el Sol á las 5, y por consiguiente será el arco OI de 15 grados como tambien GH; lo que se busca es la declinacion HI ó distancia de la Equinoccial. En el triángulo IGH se sabe el ángulo recto H; el ángulo IGH ó su medida el arco FD, altura de la Equinoccial; y el lado GH 15 grad. luego por Trigonometría se sabrá el arco HI con la analogía siguiente:

Como el radio:
al seno del arco GH de 15 grados::
así la tangente del arco FD, altura de la Equinoccial:
á la tangente del arco HI, declinacion que se busca.

Adviértase, que los paralelos en que el Sol sale á las 5 y á las 7, tienen igual declinacion ó distancia de la Equinoccial, uno al Septentrion, y otro al Mediodía; y asimismo, los paralelos en que sale el Sol á las 4 y á las 8, y así de los demas en igual distancia de las 6 horas, como consta del tratado de la *Esfera*.

PROP.



PROP. XIX. Problema.

Regla general para describir las horas Italianas y Babilónicas en qualquiera Relox solar.

Operacion. Descrito el Relox con su línea Equinoccial y sus horas Astronómicas, descríbase en él (Lema antecedente) aquel paralelo en que sale el Sol justamente en el punto que empieza una de las horas Astronómicas, como por exemplo, en punto de las 5. Es cierto, que así en este paralelo como en la Equinoccial, concurren en unos mismos puntos las tres especies de horas: tírense pues líneas rectas por los puntos en que las horas Astronómicas cortan á este paralelo y á la Equinoccial, y estas serán las horas Itálicas y Babilónicas: los puntos por donde se han de tirar dichas líneas se expresan en las dos tablas sguientes. Para mayor exâccion se puede tirar segundo paralelo á la otra parte de la Equinoccial, que gnomónicamente distará de ella tanto como el primero, (Lema antecedente) con lo qual se tendrán tres puntos para cada hora: los de este segundo paralelo van expresados en las mismas tablas.



Horas Ital.	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Paral. super.	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Equinoccial.	5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Paral. infer.	6	5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4

Horas Babil.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Paral. super.	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Equinocial.	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Paral. infer.	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8



En lugar de los paralelos sobredichos en que sale el Sol en punto de las 5 y de las 7, se pueden colocar otros qualesquiera paralelos en que empieza á salir el Sol al principio de otras horas, y con ellos se obraria de la misma suerte. Puédese tambien describir el paralelo máxîmo de los siempre aparentes, dividiendo todas las líneas horarias Astronómicas de suerte, que desde el polo ó centro del Relox se numeren en cada una de ellas los grados de la altura de polo; lo que será bien fácil, si se añade al Zodíaco radioso una línea tan distante de la del medio quanto es el complemento de dicha altura; y se usa de esta línea como se usó de las demas para colocar los paralelos de los signos en la *propos.* 7: colocado este paralelo se tirarán las líneas de las horas Itálicas y Babilónicas por las intersecciones que hacen las horas Astronómicas con dicho paralelo, y con la Equinoccial. No me detengo mas en esto, por ser bien fáciles los modos que se han dado para la descripcion de estas horas.

Las horas Babilónicas sirven para saber fixamente por el mismo Relox, el tiempo que ha pasado desde que salió el Sol; como si la sombra señala las 2 Babilónicas, dirémos haber pasado dos horas de Sol. De la misma suerte las horas Italianas sirven para saber quántas horas faltan de Sol hasta el ocaso: de que se colige el modo de señalar en el mismo Relox la hora en que se ha de salir para poder llegar á buen tiempo á algunos Lugares poco distantes; como porque de Valencia á Moncada hay una hora de camino, se escribirá en la línea de las 23 Italianas. *Hora para ir á Moncada*, porque de las 23 á las 24, en que se pone el Sol, hay una hora; y así en las demas.

CA-

CAPITULO IV.

DE LA COLOCACION DE LAS HORAS antiguas, llamadas desiguales ó Planetarias, en los Reloxes solares.

LAs horas antiguas *dichas Planetarias*, son las que dividen el dia artificial en doce partes iguales: llámanse *desiguales*, no porque lo sean entre sí las de un mismo dia, sino por ser desiguales las de un dia, comparadas respecto de otro; porque quando consta el dia de 12 horas Astronómicas ordinarias, estas coinciden y son iguales con las Planetarias; y quando el dia artificial consta de 15 horas Astronómicas, que hacen 900 minutos, cada hora Planetaria es de 75 minutos, ú de cinco quartos de hora Astronómica; y quando el dia es de 9 horas Astronómicas, que hacen 540 minutos, tocan á cada hora Planetaria 45 minutos, que son tres quartos de hora Astronómica. Llámanse estas horas *Planetarias*, por atribuirse á los Planetas algun dominio en ellas, como se explicará en otra parte. Usaban de este género de horas los Hebreos, como se colige de diferentes lugares de la sagrada Escritura: su colocacion en los Reloxes se explica en las proposiciones siguientes.

PROP. XX. Problema.

Describir las horas Planetarias en el Relox Equinoccial. (*fig.* 85.)

Descrito el Relox Equinoccial, (3 *lib.* 2) se pondrán en él los paralelos de los signos, (4 *lib.* 3) y se tirará la linea horizontal, (28 *lib.* 2) y mas fácilmente en esta forma: Sea la EF perpendicular á CI é igual al Gnomon: hágase centro en F, y con qualquier abertura hágase el arco HG, que cortará la AB en A: cuéntese de A hasta G la altura de polo, y su complemento, ó la altura de la Equinoccial de A hasta H: tírense las ocultas FG, FH, que

que cortarán la CI en C y en I : por C tírese la KL paralela á AB, y esta será la horizontal ; y si se tira por I la MN paralela á AB, será la línea del vertical primario, aunque para el presente no es menester : consta esto de la proposicion citada. Aquí se vé, que con la línea horizontal KL quedan divididos los paralelos de los signos en dos partes desiguales : la mayor sirve para el Verano, desde 21 de Marzo hasta 23 de Setiembre ; y la menor para el Invierno, desde 23 de Setiembre hasta 21 de Marzo : y por consiguiente, la porcion mayor es para el Relox superior, y la menor para el inferior. Hecho esto, se describirán las horas Planetarias como se sigue.

Divídanse en doce partes iguales los paralelos de Cáncer, y de Tauro y Virgo, pertenecientes á la porcion mayor del Relox, empezando siempre la division desde la horizontal KL : tírense líneas rectas de cada punto á su correspondiente, y estas serán las horas Planetarias del Relox Equinoccial superior. De la propia suerte en la parte menor del Relox divídanse en doce partes iguales el paralelo de Capricorno, y el de Escorpion y Piscis, empezando de la horizontal, y tiradas las líneas por los puntos correspondientes, serán las horas Planetarias en el Relox inferior : todas estas líneas, si se ha procedido bien, alargadas vendrian al punto C : los números de las horas se pondrán como se vé en la figura. La razon de esta práctica es por sí bastantemente manifiesta.

PROP. XXI. Problema.

Colocar las horas Planetarias en el Relox polar y meridiano. (*fig.* 86.)

Operacion. Descríbase el Relox polar con los Trópicos, para terminar en ellos las líneas con la Equinoccial y la horizontal HI ; y por el lema de la *prop.* 19 descríbase aquel paralelo, que el dia que el Sol le corriese tendria 18 horas, ó saldria á las 3 ; y juntamente su correspondiente, que es del dia de 6 horas, ó en que saldria el Sol á las 9. En la figura están estos paralelos señalados con

con los números 6 y 18: nótense en ellos las medias horas Astronómicas, y siguiendo el órden de la tabla siguiente, tírense líneas por los puntos de estos paralelos, y por los de las horas Astronómicas de la Equinoccial, y estas serán las horas Planetarias, cuyos números se pondrán como en la figura.

Demonstr. En la Equinoccial concuerdan las horas Planetarias con las Astronómicas: luego allí sus líneas pasan por los mismos puntos. Si el Sol anduviera por el círculo del dia de las 18 horas, á cada hora Planetaria le tocarian hora y media Astronómica: luego las líneas de las Planetarias se han de tirar por los puntos de este paralelo, que distan entre sí hora y media: asimismo, en el paralelo del dia de seis horas, á cada hora Planetaria toca solamente media hora: luego en este paralelo han de pasar las líneas por los puntos que distan entre sí una media hora, como se vé en la tabla.

Hor. Planet.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Paral.18 hor.	4 y m.	6	7 y m.	9	10 y m.	12	1 y m.	3	4 y m.	6	7 y m.	9
Equinoccial.	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Paral. 6 hor.	9 y m.	10	10 y m.	11	11 y m.	12	12 y m.	1	1 y m.	2	2 y m.	3

Estas

Estas horas Planetarias se colocarán en el Relox meridiano, así oriental, como occidental, de la misma manera sobredicha; porque delineado el Relox con su Equinoccial y Trópicos, (14 *lib.* 2) y con los arcos del dia de 18 horas, y de las 6, se tirarán las líneas de las horas Planetarias por las intersecciones de las Astronómicas, siguiendo el órden de las tablas sobredichas, como se vé en la *fig.* 87. Este método es universal para la delineacion de estas horas en todos los Reloxes, como consta claramente de la proposicion siguiente.

PROP. XXII. Problema.

Regla general para describir las horas Planetarias en todos los Reloxes, así horizontales, como verticales é inclinados, con delineacion ó sin ella.

Operacion. Delineado qualquiera Relox de los sobredichos con su Equinoccial y Trópicos, y con las horas Astronómicas, se colocarán por el Lema de la *prop.* 19 el paralelo del dia de las 18 horas, y el de 6 horas; y tirando líneas por los puntos horarios Astronómicos de estos paralelos, y por los de la Equinoccial, segun indica la tabla de la proposicion pasada, quedarán delineadas las horas Planetarias. Por no añadir esto nueva dificultad á lo dicho en la proposicion antecedente, no es menester poner las figuras de estos Reloxes.

CAPITULO V.

DE LA COLOCACION DE LOS CÍRCULOS Verticales ó Azimudes en los Reloxes Solares.

Círculos verticales ó Azimudes son los máxîmos, que pasando por el Zenit y Nadir dividen el Horizonte en partes iguales, y por consiguiente tienen con él el mismo respecto, que los círculos de las horas Astronómicas con la Equinoccial; porque así como estos pasan por los polos de la Equinoccial, pasan aquellos por los polos del

Horizonte, que son Zenit y Nadir: empiézanse á contar desde aquel punto oriental en que la Equinoccial corta al Horizonte, por el qual pasa el vertical primario, y se continúa su numeracion por la parte de Mediodía: su colocacion en los planos de los Reloxes es fácil, como se vé en las proposiciones siguientes.

PROP. XXIII. Problema.

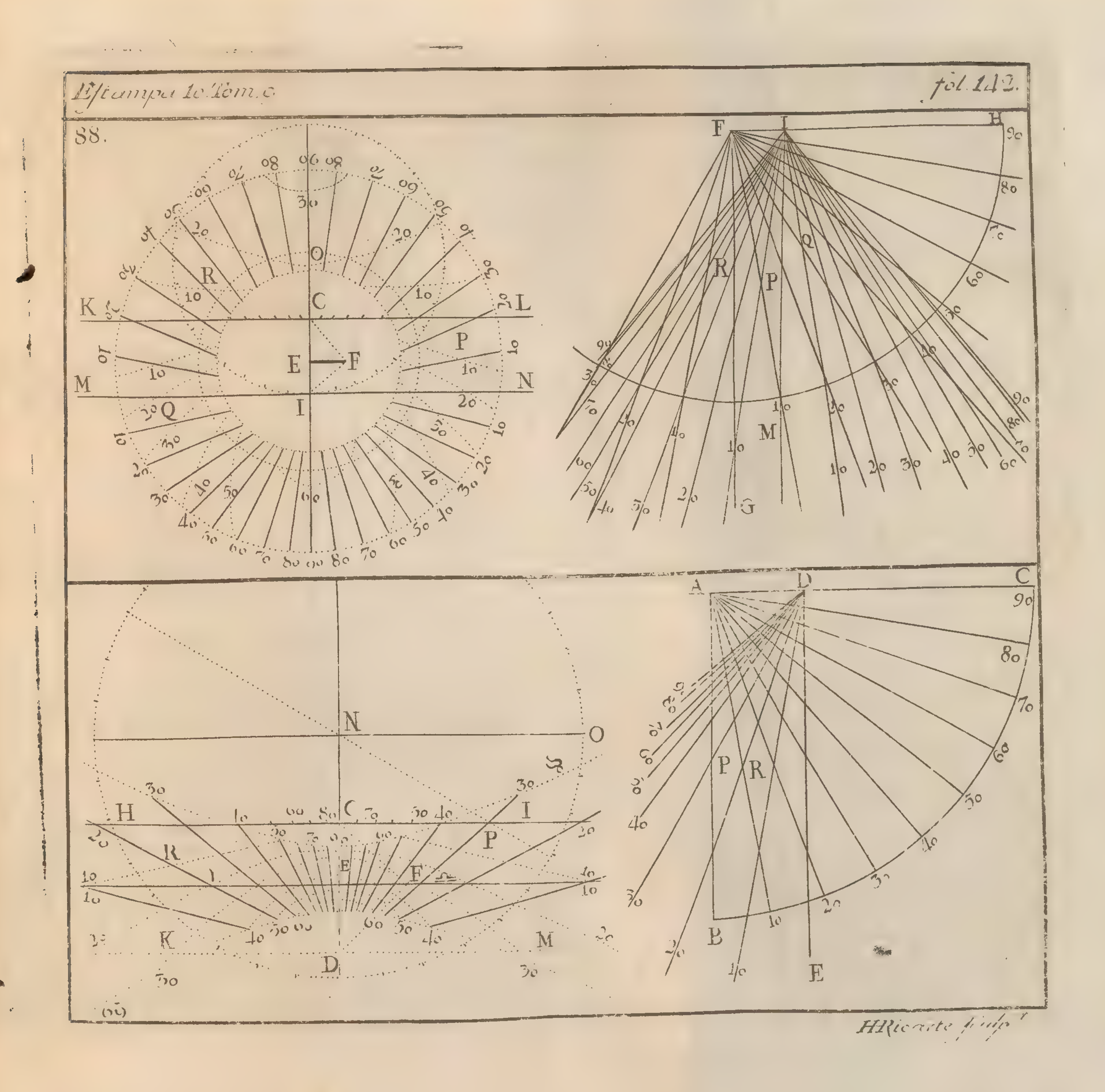
Inscribir los círculos verticales en los Reloxes horizontales. (*fig.* 93.)

Operacion. Descrito el Relox horizontal, cuyo centro es C, hágase centro en E, pie del Gnomon, y con qualquier abertura, descríbase un círculo, que se dividirá en 36 partes iguales: tírense rectas de dicho centro por estas divisiones, y estas serán los verticales que se desean: si se quisieren poner de grado en grado, se dividirá el círculo en 360 grados. Sus números empiezan del vertical primario, que es el perpendicular á la meridiana; y así á la línea siguiente se pone 10, á la otra 20, &c. La demonstracion es la misma con que se demonstró la *prop.* 3 *lib.* 2.

PROP. XXIV. Problema.

Colocar los círculos verticales en el plano Equinoccial, y en qualquiera plano inclinado. (*fig.* 88.)

Operacion. Descrito el Relox Equinoccial, (3 *lib.* 2) cuyo Gnomon es EF perpendicular á la meridiana CI, hágase el ángulo EFI igual al complemento de la altura de polo, ó á la distancia del polo al Zenit, que es la misma: hágase el ángulo EFC igual á la altura de polo, y el punto I será el Zenit en el Relox superior, ó el Nadir en el inferior: tírese por I la MN, y este será el vertical primario: tírese por C la KL, y esta será la línea horizontal: tómese con el compas la hipotenusa CF, y pásese á CO: hágase centro en O, y descríbase un círculo, que se dividirá en 36 partes iguales, por las quales se tirarán del


Estampa 10 Tom. 6
fol. 142.
88.
K
L
M
N
C
O
E
F
I
P
Q
R
F
I
H
G
M
A
D
C
B
E
N
O
H
I
K
D
M
H Ricarte sculp



del centro O líneas ocultas, que cortarán la horizontal KL en partes gnomónicamente iguales, y por ellas se tirarán del punto I las rectas, que serán las verticales, cuyos números se pondrán con el órden que se vé en la figura.

Demonstr. Los verticales son círculos máxîmos, que se cortan en el Zenit, y dividen el Horizonte en partes iguales: luego sus expresiones en el Relox son líneas rectas que pasan por el Zenit I, y dividen la horizontal KL en partes gnomónicamente iguales, que es toda la sobredicha operacion.

De la misma suerte se obrará en los demas Reloxes inclinados, tengan ó no declinacion; porque hallado en ellos el Zenit, (28 *lib.* 2) y tirando por allí el vertical primario perpendicular á la meridiana, y tirada tambien la horizontal, (28 *lib.* 2) se hará la misma operacion.

PROP. XXV. Problema.

Colocar los círculos verticales en el Relox polar. (*fig.* 89.)

Operacion. Descrito el Relox polar (5 *lib.* 2) con su Equinoccial y Trópicos, se señalará en él la línea horizontal (28 *lib.* 2) en esta forma. Tómese la EF igual al Gnomon, que en estos Reloxes cae en el punto de las 3 horas Equinocciales: hágase el ángulo EFC igual á la altura de la Equinoccial, y tirada la FC cortará á la meridiana CD en C: tírese por C la HI paralela á la Equinoccial, y será la horizontal: del mismo punto F sáquese la FD perpendicular á FC, y cortará la meridiana en D: tírese por D la KM paralela á la Equinoccial, y esta será el vertical primario, como consta de la proposicion citada. Tómese con el compas la hipotenusa CF, y pásese en la meridiana de C hasta N; y hecho centro en N, descríbase un círculo que se dividirá en 36 partes iguales, empezando del punto O: del centro N por las divisiones tírense rectas ocultas, que cortarán la horizontal HI en unos puntos, por los quales se tirarán rectas al punto D, y estas serán los verticales á quienes se pondrán sus números, como se vé en la figura: consta la demonstracion de lo demonstrado en la antecedente.

PROP.

PROP. XXVI. Problema.

Colocar los círculos verticales en los Reloxes meridianos. (*fig.* 90.)

Operacion. Habiendo descrito el Relox con su Equinoccial y su línea horizontal AB, se tirará por el punto C, pie del Gnomon, la CE perpendicular á AB, y este será el vertical primario: tómese en ella la CE igual al Gnomon, y hecho centro en E, con qualquier abertura de compas hágase un círculo, y divídase en 36 partes iguales, empezando del punto D: del centro E tírense ocultas por las divisiones, y cortarán la horizontal en puntos, por los quales se tirarán perpendiculares á la AB, y serán los verticales, á quienes se pondrán sus números como en la figura. La demonstracion es la misma que para todos los Reloxes verticales pondrémos en la *prop.* 28.

PROP. XXVII. Problema.

Inscribir los círculos verticales en el Relox vertical sin declinacion. (*fig.* 91.)

Operacion. Descríbase el Relox vertical con sus Trópicos y su Equinoccial, y con la horizontal AB; y sea C el centro ó polo del Relox, y E el lugar del Gnomon. Del punto E córtese en la meridiana hácia arriba ó hácia abaxo la EF igual al Gnomon: del punto F como centro hágase un círculo con qualquier abertura, que se dividirá en 36 partes iguales, empezándolas á contar de K hácia L: tírense del centro F líneas ocultas por dichas divisiones, y estas cortarán la horizontal en unos puntos, por los quales se tirarán líneas perpendiculares á la horizontal, y estas serán los verticales.

PROP.

PROP. XXVIII. Problema.

Colocar los círculos verticales en los Reloxes verticales declinantes. (fig. 92.)

Operacion. Delinéese el Relox con los Trópicos, Equinoccial y la horizontal AB: del punto C, pie del Gnomon, sáquese la CD igual al mismo Gnomon y perpendicular á la horizontal AB: desde el punto D por G, punto en que la horizontal corta á la meridiana, tírese la oculta DE: hágase centro en D, y con qualquier abertura hágase un círculo que se dividirá en 36 partes iguales, empezando del punto E; y tirando del centro D líneas ocultas por estas divisiones, quedará cortada la horizontal en unos puntos, por los quales se tirarán las perpendiculares á la horizontal, que serán los verticales que se pretenden.

Demonstracion. La seccion comun de todos los círculos verticales es perpendicular al Horizonte, por ser la recta que pasa del Zenit al Nadir, puntos en que se cortan todos estos círculos: luego esta seccion es paralela á qualquiera plano vertical, que tambien es perpendicular al mismo Horizonte: luego las comunes secciones de los círculos verticales con el plano vertical son (4 *lib.* 2) entre sí paralelas y perpendiculares á la horizontal: luego tirando líneas perpendiculares por los puntos de la horizontal, que tienen entre sí distancias gnomónicamente iguales, se tendrán los verticales colocados en el Relox vertical. Esta demonstracion es comun para todos estos Reloxes.

CAPITULO VI.

DE LA COLOCACION DE LOS CÍRCULOS Almicantarat en los Reloxes Solares.

Círculos *Almicantarat* son aquellos, cuyos polos son el Zenit y Nadir, y son paralelos al Horizonte; y por consiguiente tienen con el Horizonte el mismo respecto,

to, que tienen los paralelos de los signos con la Equinoccial: de que se sigue inscribirse en los Reloxes Solares con el mismo artificio que los paralelos de los signos; solo que en lugar del Zodíaco radioso, se usa de un quadrante dividido en partes iguales, como se verá en las proposiciones siguientes.

PROP. XXIX. Problema.

Colocar los círculos Almicantarat en los Reloxes horizontales. (fig. 93.)

Operacion. Descríbase el Relox horizontal con su Equinoccial y Trópicos, como se vé en la *fig.* 93. y sea E el lugar del Gnomon, y su longitud EF perpendicular á la meridiana: hágase aparte un quadrante de círculo ABC, que se dividirá de 10 en 10 grados: tírense del centro A por estas divisiones líneas rectas: tómese con el compas la longitud EF del Gnomon, y pásese al quadrante de A hácia C, y se tendrá el punto D, por el qual se tirará una paralela á la AB, que cortará todos los radios del quadrante en unos puntos de que nos valdrémos para describir en el Relox los Almicantarat en esta forma.

Tómese con el compas la distancia DE, que hay del punto D hasta el en que la paralela corta al radio de los 10 grados; y con este intervalo, hecho centro en el punto E del Relox, se hará un círculo, y este será el Almicantarat de los 10 grados. Asimismo tómese la distancia del punto D hasta el corte de la paralela con el radio de 20 grados; y del mismo punto E del Relox se hará otro círculo, y será el paralelo de los 20 grados. En esta forma se pondrán los demas, que bastará se señalen de Trópico á Trópico, como se vé en la figura. La demonstracion es la misma que se dió en la *prop.* 4 de este libro para la descripcion de los paralelos de los signos en el Relox Equinoccial; porque el mismo respecto que tienen estos con el plano Equinoccial, tienen aquellos con el horizontal.

PROP.

PROP. XXX. Problema.

Colocar los círculos Almicantarat en los Reloxes verticales sin declinacion. (fig. 91.)

Operacion. Descríbase el Relox vertical como se vé en la *fig.*91. con sus Trópicos, Equinoccial, con la horizontal AB, y con los verticales; y sea C el centro ó Polo del Relox, y E el lugar del Gnomon, cuya longitud póngase en la Meridiana sobre la horizontal ó baxo de ella, y sea EF: hágase aparte un quadrante de círculo ABC, que se dividirá de 10 en 10 grados, supuesto se quieran poner solos los Almicantarat, que distan entre sí 10 grados. Tómense en el Relox todas las distancias que hay del punto F hasta las secciones de los verticales con la horizontal, y pásense al quadrante de A hácia B, y señálense sus puntos, por los quales se tirarán paralelas á la línea AC, las quales representan los verticales, y se les pondrán los números como se vé en dicho quadrante: hecho esto, se colocarán en el Relox los Almicantarat, señalando sus puntos en los verticales como se sigue.

Supongamos se quiere poner en el Relox el Almicantarat 40, y empezando (por exemplo) por el vertical 20, tómese con el compas en el quadrante la distancia que hay entre 20 y el punto D, en que el vertical 20 corta al radio 40 del quadrante, y pase al Relox sobre el vertical 20 desde el punto M de la horizontal hácia abaxo, y se tendrá el punto N: póngase de la propia suerte en el otro vertical 20 que está á la siniestra, y nótese allí otro punto: y por este y el punto N pasará el Almicantarat 40. Asimismo se notarán los puntos de este mismo Almicantarat en el vertical 30, tomando en el quadrante la distancia entre 30 y el radio 40, y notándola en el Relox desde la horizontal sobre el vertical 30. De la propia suerte se notarán los puntos de dicho Almicantarat en los demas verticales; y pasando despues una línea curva por los puntos en ellos notados, se habrá descrito el Almicantarat 40. Asimismo se harán los demas. El fundamento de esta descripcion es el mismo que el de la delineacion de los paralelos de los

sig-

signos en los Reloxes polares en la *prop.* 5 por tener los Almicantarat el mismo respecto á qualquiera plano vertical, que tienen los paralelos de los signos con el plano del Relox polar.

PROP. XXXI. Problema.

Describir los círculos Almicantarat en los Reloxes verticales declinantes. (*fig.* 92.)

Operacion. Descrito el Relox vertical declinante con los círculos verticales, como se vé en la *fig.* 92. y se dixo en la *prop.* 28, se describirá aparte el quadrante ABC, y se dividirá de 10 en 10 grados con sus radios: á este quadrante se han de trasladar todas las distancias que hay desde el punto D del Relox hasta los cortes de los verticales con la horizontal, en esta forma: Que las distancias desde el punto D hasta los cortes de la horizontal que caen á la derecha de la CD, respecto de quien mira al Relox, se coloquen en el quadrante desde A hácia B: y las que á la siniestra, se pongan de A hácia C: de estos puntos se tirarán paralelas á los lados del quadrante, y estas representarán allí los verticales. *Exemplo.* La distancia entre D y el punto G del Relox, en que la línea del vertical 90 corta la horizontal, se tomará con el compas, y se pasará el quadrante de A hácia B, y se tendrá el punto á quien se pondrá el número 90, y de allí se tirará una paralela al lado AC, y esta representará la línea del vertical 90. Asimismo se tomará en el Relox la distancia entre D y el punto en que se cortan las tres líneas Equinoccial, horizontal y el vertical primario, que es el punto V, y se pasará al quadrante de A hácia C, y se señalará el punto notado con cero: y de este se tirará una paralela al lado AB, que denotará allí el vertical primario. De esta misma suerte se colocarán en el quadrante los demas verticales.

De estas líneas de los verticales, puestas en el quadrante, se tomarán los puntos de los Almicantarat para pasarles al Relox, poniéndoles en cada vertical desde su seccion con la horizontal, como en la proposicion antecedente; pero cuidando que los que se toman en las azimutales del qua-

quadrante paralelas á la CA, se pasen á la derecha de la CD del Relox, que llevan los mismos números; y los que se tomaren de las paralelas á la AB, se pongan á la siniestra: como por exemplo, tomando desde el lado AB del quadrante en la línea del vertical 90 la distancia que hay del punto 90 hasta N, (seccion de la línea sobredicha con el radio 60) se pasará al Relox desde el punto en que la línea del vertical 90 corta á la horizontal, y sobre la misma línea del vertical 90, y se tendrá el punto N, por el qual pasará el arco del Almicantarat 60. Lo mismo se hará en las demas líneas y arcos. Fúndase esta descripcion en lo mismo que la antecedente.

PROP. XXXII. Problema.

Colocar los Almicantarat en el Relox meridiano, así oriental como occidental. (fig. 90.)

Operacion. Descríbase el Relox meridiano, por exemplo, el oriental con la Equinoccial, Trópicos, horizontal AB y los verticales, como se vé en la figura; y luego se formará el quadrante como en los antecedentes, dividido de 10 en 10 grados: pásense á él las distancias que hay en el Relox del centro E hasta las secciones de los verticales con la horizontal, poniéndolas en el quadrante desde A hácia C, y notándolas con los puntos de los verticales sus correspondientes, y de estos puntos se tirarán las paralelas, que representarán en el quadrante los verticales como en los antecedentes queda dicho. Hecho esto, se irán tomando en el quadrante las distancias en cada vertical hasta el punto en que corta los radios, y se pasarán al Relox en esta forma. Sirva de exemplo: del punto 70 de la AC en el quadrante tómese la distancia hasta el punto F, en que esta paralela 70 corta al radio 20, y pásese al Relox desde el punto B sobre la línea vertical 70, y se tendrá el punto F, por quien pasará el Almicantarat 20. De la misma suerte se irán poniendo los demas puntos, y se tendrán en todos los verticales del Relox los puntos por donde pasa dicho Almicantarat 20, y por ellos se seguirá la línea curva, que será el sobredicho Almicantarat. De este mismo modo se pondrán los demas.

PROP.

PROP. XXXIII. Problema.

Describir los Almicantarat en el Relox polar. (*fig.* 89.)

Operacion. Hecho el Relox con los Trópicos, línea de las 12 equinoccial, horizontal HI, la del vertical primario KM, y los demas verticales como se vé en la *fig.* 89. se describirá el quadrante dividido de 10 en 10 grados, al qual se pasará la distancia DF del Relox, y se pondrá de A hasta D: y del punto D se sacará la DE paralela á la AB, que corresponderá á la KM del Relox, que es la del vertical primario. Tómense ahora en el Relox todas las distancias de la N hasta las intersecciones de la horizontal con los verticales, y pásense al quadrante de A hácia B; y se notarán los puntos, por los quales se tirarán del punto D líneas rectas que representarán los verticales, á quienes se pondrán los números correspondientes á los que tienen en el Relox.

Exemplo. Tómese en el Relox la distancia de N al punto P, seccion de la horizontal con el vertical 30, y pásese al quadrante de A hácia B hasta el punto P: tírese la DP, y representará al vertical 30, y así de los demas. Hecho esto, se pasarán del quadrante al Relox todas las distancias que hay del punto D hasta los cortes de las líneas verticales con los radios, y se colocarán en el Relox desde el punto D sobre el vertical correspondiente, y se señalará allí un punto. *Exemplo.* La distancia que hay en el quadrante del punto D al punto R, en que el vertical 20 corta al radio 10, se pasará al Relox desde el punto D sobre el vertical 20 á una y otra parte; y por estos puntos pasará la línea del Almicantarat 10. De esta misma suerte se pasarán los demas puntos, y se tirarán por ellos las líneas curvas, que son los Almicantarat, como queda dicho en las proposiciones antecedentes.

PROP.

PROP. XXXIV. Problema.

Delinear los Almicantarat en el Relox Equinoccial. (*fig.* 88.)

Operacion. Descrito el Relox Equinoccial con los verticales por la *prop.* 24, como se vé en la *fig.* 88. se fabricará el quadrante dividido de 10 en 10 grados; pero aumentando quanto se haga capaz de recibir algunos radios mas, por subir los Almicantarat en el Relox sobre la horizontal, á quien en el quadrante representa la línea FG. Hecho esto, tómese del Relox la distancia IF, y pásese al quadrante de F hasta I; y tírese la IM paralela á FG, y será IM la línea del vertical primario. Tómense en el Relox todas las distancias de O á las intersecciones de los verticales con la horizontal KL, y pásense al quadrante de F sobre la FG; y por los puntos que se hubieren notado tírense de I líneas rectas, que serán allí los verticales: estas líneas se han de tirar con iguales distancias á una y otra parte de la IM, lo que se hará fácilmente describiendo del centro I un arco oculto, y pasando las distancias dichas de una á otra parte de la IM: con esto se podrán señalar fácilmente en los verticales del Relox los puntos por donde pasan los Almicantarat, con tal que se observen con cuidado en el quadrante las secciones de las líneas verticales con los radios; porque las secciones entre la FG y la IM se han de poner en el Relox desde I sobre los verticales contenidos entre la horizontal KL y el vertical primario MN.

Exemplo. Tómese en el quadrante la distancia desde I hasta la seccion P del vertical 10 con el radio 10, y pásese al Relox desde I sobre las líneas del vertical 10 contenidas entre la horizontal y el vertical primario, y se tendrá á la una parte el punto P, y otro semejante en la otra, y por estos puntos pasará el Almicantarat 10. Asimismo se pasarán al Relox las secciones de los verticales del quadrante con los radios que caen á la derecha de la IM; pero se pondrán en el Relox desde I en los verticales que están debaxo del vertical primario MN. *Exemplo.*

plo. Tómese la distancia que hay en el quadrante desde I hasta Q, punto en que el radio 30 corta á la línea del vertical 10, y pásese al Relox desde I á entrambas líneas del vertical 10 baxo de la MN, y se notará el punto Q en el vertical 10 de la siniestra, y otro en el de la derecha, y por estos pasará el Almicantarat 30.

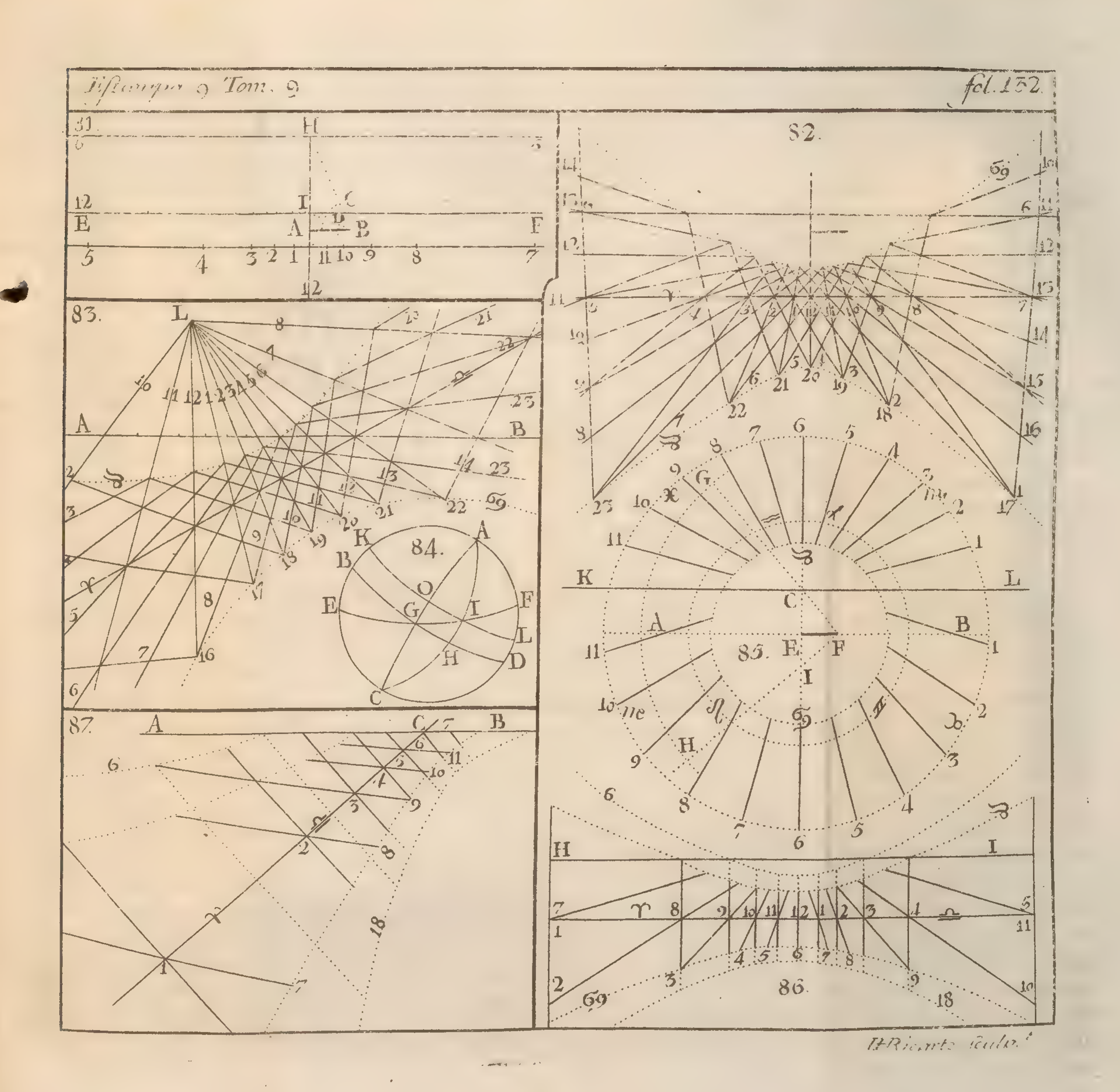
Las secciones de los verticales con los radios del quadrante que caen á la derecha de la FG, se toman tambien desde I, y se colocan en el Relox desde I en los verticales que están sobre la horizontal. *Exemplo.* Tómese en el quadrante la distancia que hay desde I á R, seccion del vertical 40 con el radio 10, y póngase en el Relox desde I en el vertical 40 sobre la línea horizontal, y se tendrá en la izquierda el punto R, y otro semejante en la derecha, por los quales pasará el Almicantarat 10. Lo que se ha hecho y observado en estos tres puntos se observará en los demas. Las líneas ó arcos que están sobre la horizontal pertenecen al Relox Equinoccial inferior; los demas al superior.

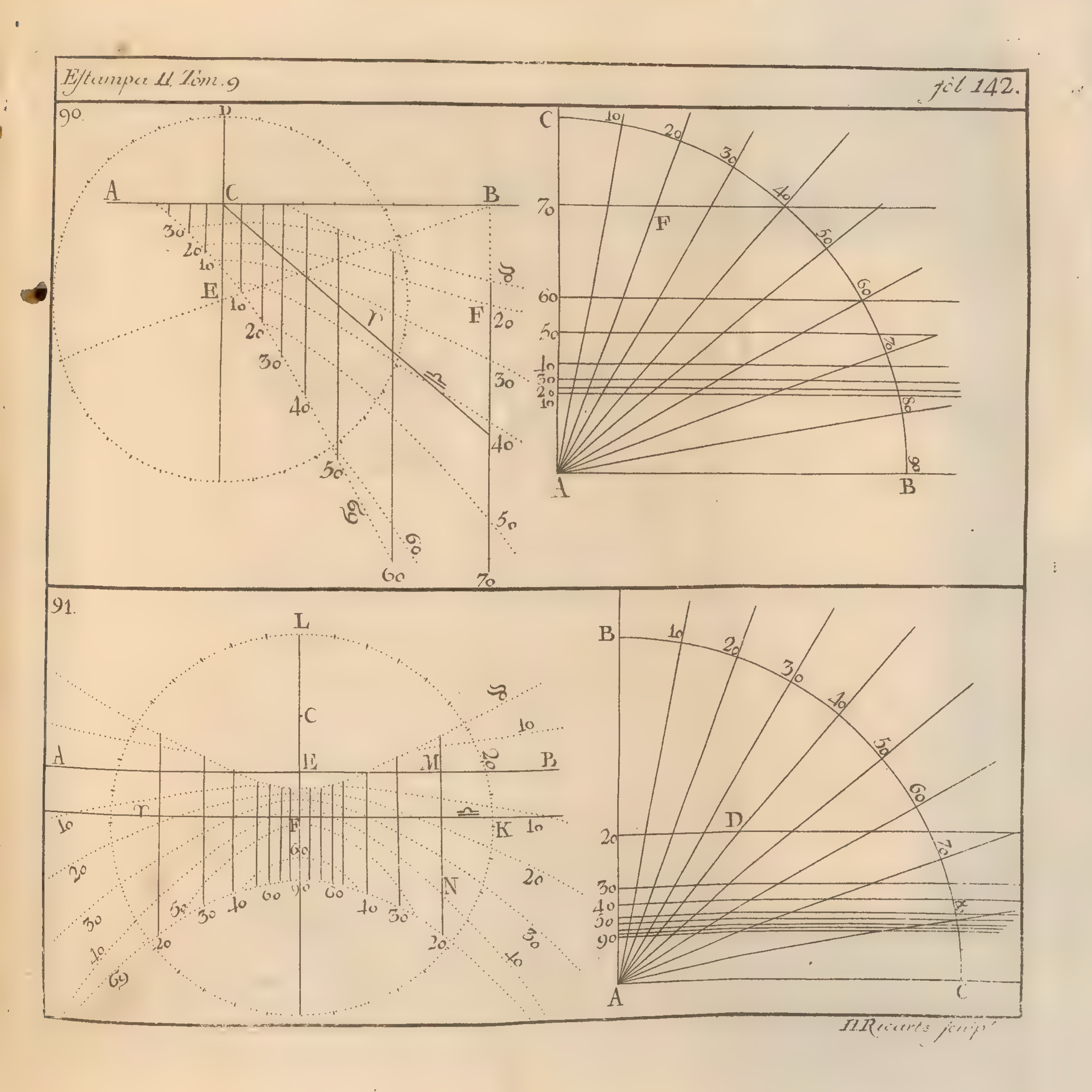
PROP. XXXV. Problema.

Inscribir los Almicantarat en los Reloxes inclinados.

De lo dicho en las proposiciones antecedentes se colige, que el modo de colocar los Almicantarat en los Reloxes es universal, especialmente para todos los que tienen el punto del Zenit fuera del pie del Gnomon, quales son todos los Reloxes, así verticales, como inclinados; porque en todos se viene á reducir, á fabricar el quadrante dividido de 10 en 10 grados, y colocar en él las líneas de los verticales, que se suponen colocados antecedentemente en el Relox; y señalar despues en estos los puntos por donde pasan los Almicantarat, pasando á ellos las distancias del quadrante, que en las proposiciones antecedentes queda dicho; y como los Reloxes inclinados no tengan en esto especial dificultad, no se necesita de mas explicacion; solo advierto, que en los que carecen de declinacion se fabricará el quadrante, como se dixo en la *prop.* 30; y para los que la tuvieren, como en la *prop.* 31.

CA-


Tom. 9
fol. 132.
81.
82.
83.
84.
85.
86.
87.


Estampa 11. Tom. 9
fol 142.
90.
91.
H. Ricarts sculp.



CAPITULO VII.

DE LA COLOCACION DE LOS CIRCULOS de latitud ó paralelos á la Equinoccial en los Reloxes Solares.

PROP. XXXVI. Problema.

Describir en los Reloxes Solares los paralelos á la Equinoccial.

LOs paralelos á la Equinoccial, llamados tambien *Círculos de latitud*, se describen en los Reloxes Solares, de la misma manera que los paralelos de los signos, pues solo se diferencian de estos en ser mas en número, y pasar mas adelante de los Trópicos; solo que en lugar del Zodíaco radioso, de que nos valimos para la colocacion de aquellos, hemos de usar de un semicírculo dividido en los grados pertenecientes á los paralelos que se quisieren colocar, como de 10 en 10 grados ú de 5 en 5, en lo demas se guardan las mismas reglas que se diéron en el *cap.* 2 de este libro para los paralelos de los signos; y aunque la sombra del Gnomon jamas pueda tocar á los paralelos que están fuera de los Trópicos, mas no por eso dexan de tener algun útil, como luego verémos.

PROP. XXXVII. Problema.

Colocar en qualquiera Relox de Sol la hora en que sale y se pone, la cantidad de los dias, el principio de la Aurora, y fin del crepúsculo, la declinacion del Sol, las Fiestas inmobles, y todo el Kalendario.

Todas estas y otras curiosidades semejantes, son el fruto de las proposiciones antecedentes, por cuyas reglas se pondrá en qualquiera Relox solar todo lo arriba propuesto, de tal suerte, que la sombra del Gnomon lo señale con toda fidelidad.

Para

1 Para conocer por la sombra del Gnomon en el Relox la hora en que sale y se pone el Sol, y por consiguiente la quantidad del dia, se colocarán en el Relox los paralelos siguientes: es á saber, el paralelo en que sale el Sol en aquel Horizonte á las 5 y media; el en que sale á las 5, á las 4 y media, ó mas ó ménos, segun fuere la altura de Polo: y asimismo los paralelos en que sale el Sol á las 6 y media, á las 7, y á las 7 y media; porque con esto, el dia que caminare la sombra del Gnomon por aquellos paralelos, se sabrá la hora en que sale y se pone el Sol, y la quantidad del dia. Colócanse estos paralelos en los Reloxes de la misma suerte, que los de los signos; solo que en el radio se han de poner las declinaciones de dichos paralelos, como se dixo en el Lema de la *prop.* 19, donde se dió regla para hallar por Trigonometría sus declinaciones; y para excusar este trabajo, se hallarán para algunas alturas en la Tabla siguiente. Dispuesto en esta forma el radio, se obrará con él para colocar estos paralelos, como se usó del Zodíaco radioso en el lugar citado, para colocar los paralelos de los signos.

Adviértase lo primero, que el paralelo en que sale el Sol á las 5 y media, y el en que sale á las 6 y media, tienen igual declinacion: y asimismo el de las 5 y el de las 7, y todos aquellos en que sale el Sol ántes y despues de las 6, en igual distancia; solo que los primeros tienen declinacion boreal, y los otros austral. Adviértase lo segundo, que el dia en que sale el Sol á las 4, se pone á las 8: y así el mismo paralelo indica el orto del Sol á las 4, y el ocaso á las 8 y así de los demas, contando tantas horas ántes como despues del mediodía; y así, el dia en que la extremidad de la sombra va por aquel paralelo, se sabe claramente la hora en que sale y se pone el Sol, y de quántas horas sea aquel dia, y juntamente la declinacion del Sol, que es la misma de aquel paralelo. Tambien se puede notar en estos mismos paralelos la hora en que empieza la Aurora, ó se acaba el crepúsculo vespertino, sabiendo primeramente su quantidad en aquella region, segun se dixo en el Tratado de la Esfera Celeste.

TA-

TABLA

DE LA DECLINACION DE LOS PARALELOS, en que sale el Sol á diferentes horas.

Altura de Polo.	Horas. 4 y 8 Declinacion. G.	Min.	Horas. $4\frac{1}{2}$ y $7\frac{1}{2}$ Declinacion. G.	Min.	Horas. 5 y 7 Declinacion. G.	Min.	Horas. $5\frac{1}{2}$ y $6\frac{1}{2}$ Declinacion. G.	Min.
30	40	54	33	32	24	9	12	44
31	39	53	32	30	23	18	12	15
32	38	40	31	29	22	30	11	48
33	37	36	30	31	21	44	11	22
34	36	32	29	34	21	0	10	57
35	35	32	28	40	20	17	10	34
36	34	32	27	47	19	36	10	11
37	33	34	26	55	18	57	9	49
38	32	37	26	6	18	21	9	29
39	31	42	25	18	17	44	9	9
40	30	47	24	31	17	9	8	50
41	29	55	23	45	16	35	8	32
42	29	3	23	2	16	2	8	15
43	28	12	22	19	15	31	7	58
44	27	22	21	38	15	0	7	43
45	26	34	20	56	14	30	7	26
46	25	46	20	17	14	2	7	11
47	25	0	19	38	13	34	6	57
48	24	14	19	1	13	7	6	43
49	23	30	18	25	12	41	6	28
50	22	57	17	48	12	15	6	15

2 Con el mismo artificio sobredicho se pueden colocar en el Relox todas las fiestas inmobles del Kalendario, ó las que se quisieren, con solo describir los paralelos en que anda el Sol aquellos dias: como por exemplo, si queremos describir el paralelo, por el qual pasará la extremidad de la sombra el dia de la Inmaculada Concepcion de María Santísima, obrarémos de esta suerte. Dicha festividad es el dia 8 de Diciembre, en el qual dia se halla el Sol en el grado 16 de Sagitario; cuya declinacion es 22 gr. 46 min. segun la tabla puesta en la *prop.* 4 *lib.* 1 de este tratado: cuéntense pues estos grados en el radio del Zodíaco desde la línea del medio, y tirando por esta division al centro del radio una línea, se pondrá con ella el paralelo del dia 8 de Diciembre en el Relox, en la misma forma en que se pusieron los otros paralelos, y escribiendo en ella: *La Concepcion de la Vírgen*, señalará fielmente la sombra esta festividad en su propio dia: de esta manera se pueden colocar los paralelos correspondientes á todos los dias del año, en que celebra la Iglesia las demas festividades de María Santísima, y se tendrá un Relox, que podrémos llamar *Mariano*; y asimismo se pueden colocar las demas festividades inmobles: solo es menester advertir, que la sombra pasará dos veces cada año por aquel paralelo, una vez de San Juan á Navidad, y otra de Navidad á San Juan, por lo que será menester añadir allí alguna nota.

PROP. XXXVIII. Problema.

Colocar en los Reloxes Solares los Eclipses, y los Ortos y Ocasos de las Estrellas fixas mas insignes.

No tiene todo esto mas dificultad que lo dicho en la proposicion antecedente. Para notar pues en un Relox solar un Eclipse de Sol ó Luna, no es menester mas que saber por las Efemérides en qué dia ha de suceder, y ver allí mismo en qué Signo y grado anda entónces el Sol, y colocar en el Relox el paralelo que pasa por dicho grado, en la forma arriba dicha; y el dia en que la sombra del Gnomon caminare por dicho paralelo, en ese mismo

su-

sucederá el Eclipse, que se tendrá allí mismo notado.

Exemplo. Supongamos se ha de colocar en un Relox el dia en que sucederá Eclipse de Luna el año 1719, y porque este, segun las Efemérides, sucederá el dia 29 de Agosto, en el qual se halla el Sol en 6 grad. de Virgo, se describirá en el Relox el paralelo que pasa por el grado 6 de Virgo; y el dia en que dicho año irá la sombra por dicho paralelo, sucederá el Eclipse de Luna, que se podrá pintar allí con la misma magnitud y dígitos de sombra que notan las Efemérides, expresando allí mismo el año, y tambien el mes, por pasar dos veces la sombra cada año por dicha línea.

Con este mismo artificio se colocarán en el Relox los Ortos y Ocasos de las Estrellas fixas con el Sol; esto es, los dias en que salen ó se ponen juntamente con el Sol, describiendo aquellos paralelos que pasan por el grado en que se halla el Sol quando sale por el Horizonte junto con las sobredichas Estrellas, á que se podrán añadir los propios significados, en quanto á las mutaciones del ayre; sí bien estos suelen por lo regular frustrarse ó variarse por el concurso de otras causas y constelaciones. En la tabla siguiente van los grados de Eclíptica en que se halla el Sol quando sale junto con las Estrellas fixas mas insignes, y juntamente sus significados; pero para mayor claridad explicaré el modo de colocar estos Ortos y Ocasos con un exemplo. Supongo, quiero colocar el Orto del Arcturo, y veo en la tabla salir con el Sol en 9 grad. de Libra, hallo la declinacion de este grado en la tabla de la *prop.* 4 *lib.* 1, y noto esta declinacion en el Zodíaco radioso, contándola de la línea del medio entre Libra y Virgo; y con esto se colocará dicho paralelo en el Relox de la misma suerte que los de los Signos, y se le pondrá una nota semejante á esta: *Arcturo, Libra, Tempestades.* De aquí se puede colegir el modo de inscribir otras curiosidades en los Reloxes.

TABLA DE LOS ORTOS Y OCASOS DE LAS Estrellas fixas mas insignes juntamente con el Sol.

Orto de la primera de Ariete. 14 Tauro. Lluvias.
Orto de las Pléyadas. 19 Tauro. Humedad.
Orto del Arcturo. 9 Libra. Tempestades.
Orto de Cástor. 9 Cáncer. Vientos.
Orto del Pesebre. 3 Leon. Humedad.
Orto de Aldebaran. 14 Géminis. Vientos.
Orto de las Hyadas. 11 Géminis. Vientos.
Orto del Delfin. 4 Capricorno. Vientos.
Ocaso de la Corona. 8 Capricorno. Tempestades.
Orto de la Aguila. 25 Sagitario. Vientos.
Orto de la Canícula. 6 Leon. Calor.
Orto de la Rueda de S. Catarina. 1 Sagitario. Tempestades.
Orto de la Cola de la Vallena. 15 de Tauro. Vientos.
Orto de las Balanzas. 11 de Escorpion. Vientos y lluvias.
Orto del Régulo. 26 de Leon. Truenos.
Orto del Orion. 14 de Cáncer. Vientos y tempestades.

CAPITULO VIII.

DE LA COLOCACION DE LOS MERIDIANOS ó círculos de longitud de diferentes Ciudades en los Reloxes Solares.

CIrculo Meridiano es qualquiera máxîmo que pasa por los polos del Mundo, y por el Zenit; y por consiguiente, cada punto de tierra de Levante á Poniente tiene su Meridiano distinto, de que se sigue ser los Meridianos infinitos. Llámanse *Círculos de Longitud*, por determinar la longitud de las Ciudades ó Regiones, que es la distancia que tienen del primer Meridiano que pasa por las Islas Canarias, segun se explicó en el tratado de la Geografía ó Esfera terrestre. De aquí se colige, que los círculos horarios ú de las horas Astronómicas, por pasar por los polos del Mundo y por el Zenit de alguna region, son tambien Meridianos de aquellas regiones, por cuyo

Ze-

Zenit pasan. De dos maneras se pueden colocar en los Reloxes Solares los Meridianos de las Ciudades: el primero es notando en cada línea horaria las Ciudades de quienes dicha línea es Meridiano; y el segundo, decribiendo en el Relox á mas de los sobredichos, otros Meridianos de distintas Ciudades, que será lo mejor, por hallarse pocas veces Ciudades de algun nombre, que tengan justamente por Meridianos las líneas horarias: entrambas descripciones se explican en las proposiciones siguientes.

PROP. XXXIX. Problema.

Notar en qualquiera Relox Solar las Ciudades, cuyos Meridianos son las líneas de las horas.

Operacion. Continúense las líneas horarias, prosiguiéndolas sobre el polo ó centro del Relox en quien concurren, y hecho centro en dicho polo, descríbase un círculo de la magnitud que se juzgare competente; y porque la línea de las 12 es el Meridiano de aquella Ciudad en que se hace el Relox, y todas las líneas horarias distan entre sí gnomónicamente 15 grados de Equinoccial, ú de longitud, véase qué Ciudades ó Villas distan del Meridiano de aquella Ciudad 15 grados al Levante, y estas se escribirán en la línea de las 11, y las que distan 15 grados al Poniente, se pondrán en la línea de la 1. Asimismo las que distan de dicho Meridiano 30 grados al Levante, se notarán en la línea de las 10; y las que 30 al Poniente, en la línea de las 2 de la tarde, y así de las demas: las que distaren 180 grados, se escribirán en la meridiana sobre el polo ó centro del Relox; y en la misma meridiana baxo del centro se pondrá la Ciudad para quien sirve el Relox. Con esto se sabrá en qualquier tiempo qué hora es en qualquiera de las Ciudades allí notadas; porque quando la sombra cae sobre la línea de qualquiera Ciudad, son en ella las 12 de mediodía: véase pues quánto dista la sombra de aquella línea hácia Poniente; y tantas horas faltarán hasta que allí sea mediodía, quantas líneas distare la que señala la sombra; y si la sombra distare hácia el Levante, tantas

tas serán despues del Mediodía ; y en las Ciudades colocadas en la parte de las mismas líneas que pasan sobre el polo, serán aquellas mismas horas; pero serán las de ántes ó despues de la media noche con el mismo órden.

PROP. XL. Problema.

Colocar en los Reloxes los Meridianos de qualesquiera Ciudades. (fig. 94. y 95.)

Operacion. En un Relox horizontal sea la meridiana AB; sea CH la Equinoccial ; A el centro ó polo del Relox ; y D el centro de la division de la Equinoccial; y supongamos se fabrique para el Meridiano de Valencia, que dista del primer Meridiano que pasa por las Canarias, 22 grados de Equinoccial : cuéntese pues de la meridiana á la parte de las horas vespertinas en el arco BO 22 grados, y tirando la DO, cortará á la Equinoccial en G, y será BG de 22 grados gnomónicos. Tírese del centro del Relox la AG, y esta será el primer Meridiano que pasa por las Canarias. Divídase el mismo círculo en 36 partes iguales, ó en las que se quisiere, empezando del punto O: tírense del centro D por estas divisiones líneas ocultas, y quedará dividida la Equinoccial de 10 en 10 grados, por los quales se tirarán del polo A líneas rectas, y estas serán los Meridianos dispuestos con el mismo órden que en los Mapas geográficos, á quienes se pondrán los números, como se vé en la figura.

En todos los Reloxes verticales é inclinados se obra de la misma suerte, por lo qual añado su especial explicacion. De la misma manera se procede en los polares y meridianos, solo que las líneas que representan los Meridianos, son paralelas entre sí, como las de las horas. Asimismo se obrará tambien en el Relox Equinoccial, como se sigue. En la *fig.* 95. delineado el Relox con la meridiana EM, la horizontal KL y los arcos de los Signos se contarán desde la meridiana en el círculo de Tauro los 22 grados de longitud hácia las horas vespertinas, que es lo que dista Valencia del primer Meridiano, y en el punto que termina estos grados se escribirá el número 360. Tírese de

de este punto por el centro E del Relox una recta, que se notará con el título de las Islas Canarias: divídase todo el círculo de 10 en 10 grados, empezando del punto 360, y á las divisiones se pondrán los números con el órden que expresa la figura. Del centro E tírense por estas divisiones líneas rectas, y estas serán los Meridianos, que tendrán la misma disposicion que en los Mapas: véase en estas qué Regiones y Ciudades están en estos Meridianos, y se escribirán en ellos sus nombres, cada qual en su correspondiente. Con esto se sabrá qué hora sea en qualquiera parte del mundo en qualquiera tiempo dado, en la forma que se dixo en la proposicion antecedente.

PROP. XLI. Problema.

Inscribir en qualquiera Relox Solar todo el orbe terrestre.

Operacion. Descríbanse en el Relox los Meridianos y paralelos por las reglas dadas, y quedará dividido con ellos el plano del Relox en quadrículas, como lo están los Mapas Geográficos. Tómese uno de estos Mapas, y váyanse pasando las Ciudades y Provincias de cada una de sus quadrículas á su correspondiente en el Relox, y quedará hecha la descripcion; pero es menester advertir, qué polo sea el del Relox, si el Boreal, ó el Austral, para que se acierte la colocacion de las Provincias y Ciudades en las quadrículas. En el Relox Equinoccial superior su polo es el Boreal, y en el inferior es el Austral: el polo de los Reloxes horizontales es tambien el Boreal en todas estas partes que tienen altura de este polo: el del Relox vertical meridional, sea ó no sea declinante, es su polo el Austral: con que la parte del Relox, que está sobre la Equinoccial, es Austral; y Boreal, la que debaxo de ella: al contrario en la superficie que mira al Septentrion. Esto mismo sucede en el Relox polar y en los meridianos, así oriental, como occidental. De aquí se podrá colegir, qué polo sea el de los Reloxes inclinados.

El uso de esta descripcion es prodigioso; porque 1. la extremidad de la sombra del Gnomon en el Relox, tocará

en

en aquella Region á quien estará entónces perpendicular el Sol por hallarse en su Zenit. 2. En todas aquellas Regiones que están baxo la sombra del Gnomon, es entónces mediodía; supónese estar el Gnomon inclinado y clavado en el centro ó polo del Relox, como se acostumbra. 3. Se sabe qué hora sea en qualquiera Region, contando los intervalos que hay entre la sombra y el Meridiano de la Region propuesta; y contando una hora por cada intervalo y medio, que son 15 grados, si la sombra cae á la parte de las horas occidentales, respecto del Meridiano, aquellas horas serán de la tarde; y si al de las orientales, serán de la mañana. 4. Se conoce quánto dista el Sol del Zenit de qualquiera Region al tiempo de mediodía, solo con numerar los grados que hay entre el paralelo por donde aquel dia anda el Sol, y el paralelo que pasa por la Region ó Ciudad propuesta. Los Reloxes que son mas capaces de estas descripciones, son el Horizontal y Equinoccial, por hallarse en ellos el polo Boreal, á cuya parte cae toda la Europa, casi toda la Asia y Africa, y la América Septentrional.

CAPITULO IX.

DE LA DESCRIPCION DE LAS DOCE CASAS celestes en los Reloxes Solares.

LOs círculos que forman las doce Casas celestes, son seis círculos máxîmos, que se cortan en los polos del vertical primario, que son las intersecciones del Meridiano y Horizonte, y dividen la Equinoccial en doce partes iguales: este es el método de Juan de Regiomonte, admitido comunmente de los Astrólogos, á quien llaman *Racional*; y aunque hay otros modos, que diferentes Autores han discurrido de formar las Casas celestes, que expliqué en el tratado de la Esfera Celeste, solo explicaré el modo de inscribir en los Reloxes el de Regiomonte, que es el que comunmente se ha recibido. Sirve esta descripcion para conocer por la sombra del Gnomon á qualquiera hora del dia en qué Casa se halla el Sol, que será aquella en quien cayere la extremidad de la sombra.

PROP.

PROP. XLII. Problema.

Delinear las doce Casas Celestes en el Relox Equinoccial.

Operacion. Descrito el Relox Equinoccial, y tirada en él la línea horizontal, del punto en que esta corta á la meridiana se tirarán líneas paralelas á las de las horas alternativamente, en esta forma: la misma línea horizontal, que es paralela á la línea de las 6 horas, es la primera y séptima Casa: la línea tirada por dicha interseccion, y paralela á la línea de las 4 horas de la tarde, es la de las segunda y octava Casas: la paralela á la línea de las 2 horas es la de las tercera y nona Casas; y la misma meridiana es la de las quarta y décima Casas, y así de las demas alternativamente.

Demonstr. Primeramente, los círculos de las doce Casas pasan por la interseccion del Meridiano y Horizonte: luego sus líneas ó secciones con el plano del Relox pasan por la interseccion de las líneas horizontal y meridiana. 2. Digo, que la línea ó seccion de la nona Casa es paralela á la línea de las 2 horas; porque así el círculo de las 2 horas, como el de la nona Casa, pasan por un mismo punto de la Equinoccial, por dividir los círculos horarios la Equinoccial en 24 partes, y los de las Casas en 12, empezando de un mismo punto; y siendo entrambos círculos máxîmos, su comun seccion en la esfera será la línea que sale de dicho punto de Equinoccial en que se cortan, y va al centro del mundo por el mismo plano de la Equinoccial: siendo pues el plano del Relox paralelo al plano de la Equinoccial, serán las secciones que hacen con él los círculos de las 2 horas y el de la nona Casa entre sí paralelos: (4 *lib.* 2) luego dichas líneas son entre sí paralelas; lo mismo diré de las demas: luego la regla dada es indefectible.

PROP. XLIII. Problema.

Delinear las doce Casas Celestes en el Relox horizontal; y en el meridiano, así oriental, como occidental.

Operacion. Descrito el Relox horizontal, se tirarán líneas paralelas á la meridiana por los puntos en que cortan la Equinoccial las líneas de las horas alternativamente, y estas serán las de las Casas celestes. La razon es, porque el plano del Relox horizontal es paralelo al exe del vertical primario, ó línea que pasa de una á otra interseccion del Meridiano y Horizonte; y siendo dicha línea la comun interseccion de los círculos que forman las Casas celestes, serán sus cortes con el plano del Relox horizontal (4 *lib.* 2) paralelos con dicha línea y entre sí; y siendo aquella línea paralela á la meridiana del Relox, tambien lo serán las de las Casas.

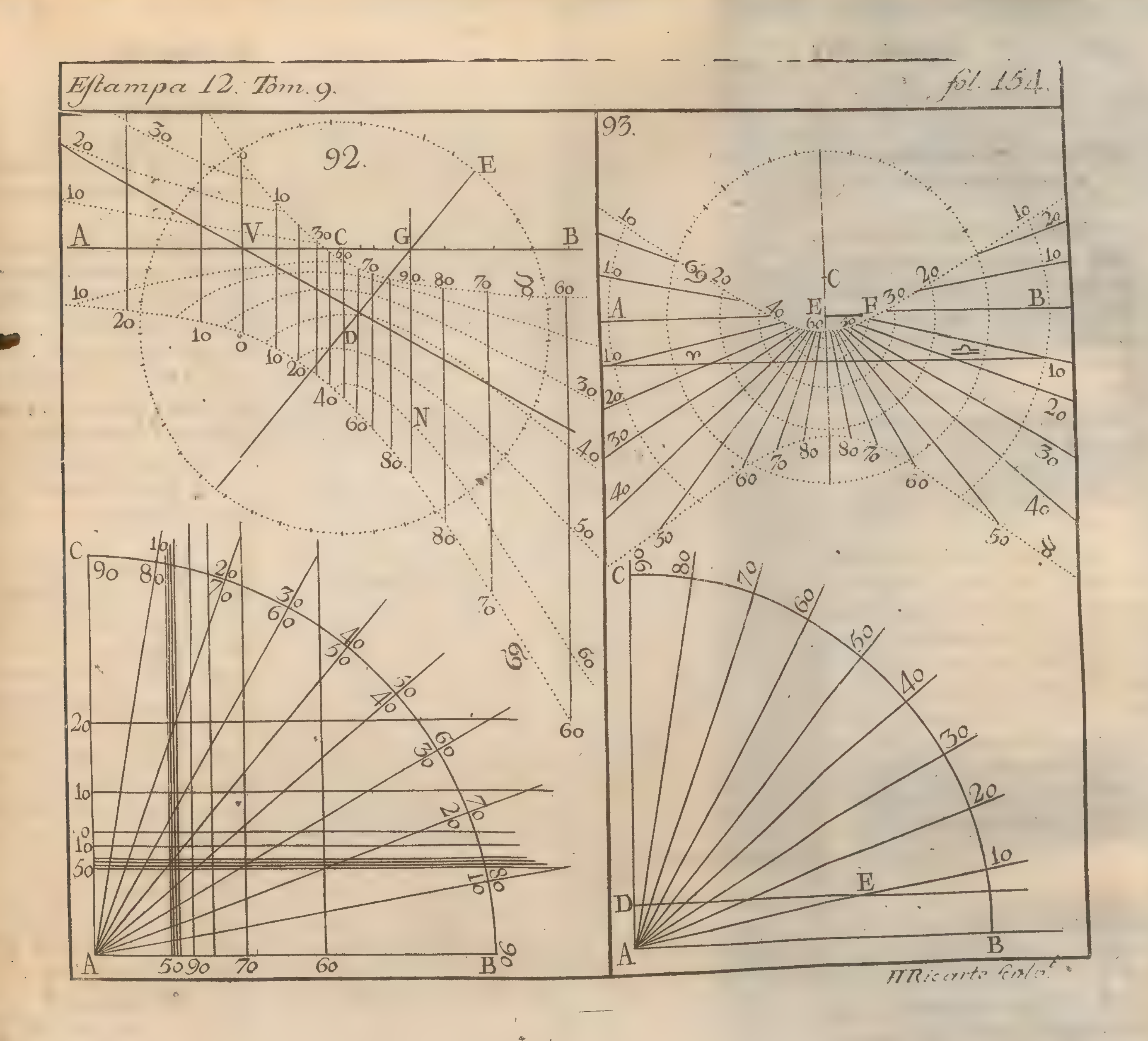
Asimismo, descrito el Relox meridiano oriental ú occidental, se tirarán líneas paralelas á la línea horizontal por los puntos en que cortan las líneas horarias la Equinoccial alternativamente, y estas expresarán las Casas celestes. La razon es, porque siendo éste plano paralelo al Meridiano, es paralelo á la misma seccion comun sobredicha de los círculos de las Casas: luego las secciones de estos círculos con el plano del Relox polar, son paralelas con dicha seccion comun y entre sí; y siendo la línea horizontal paralela con esa misma seccion, serán las líneas de las Casas paralelas á la horizontal.

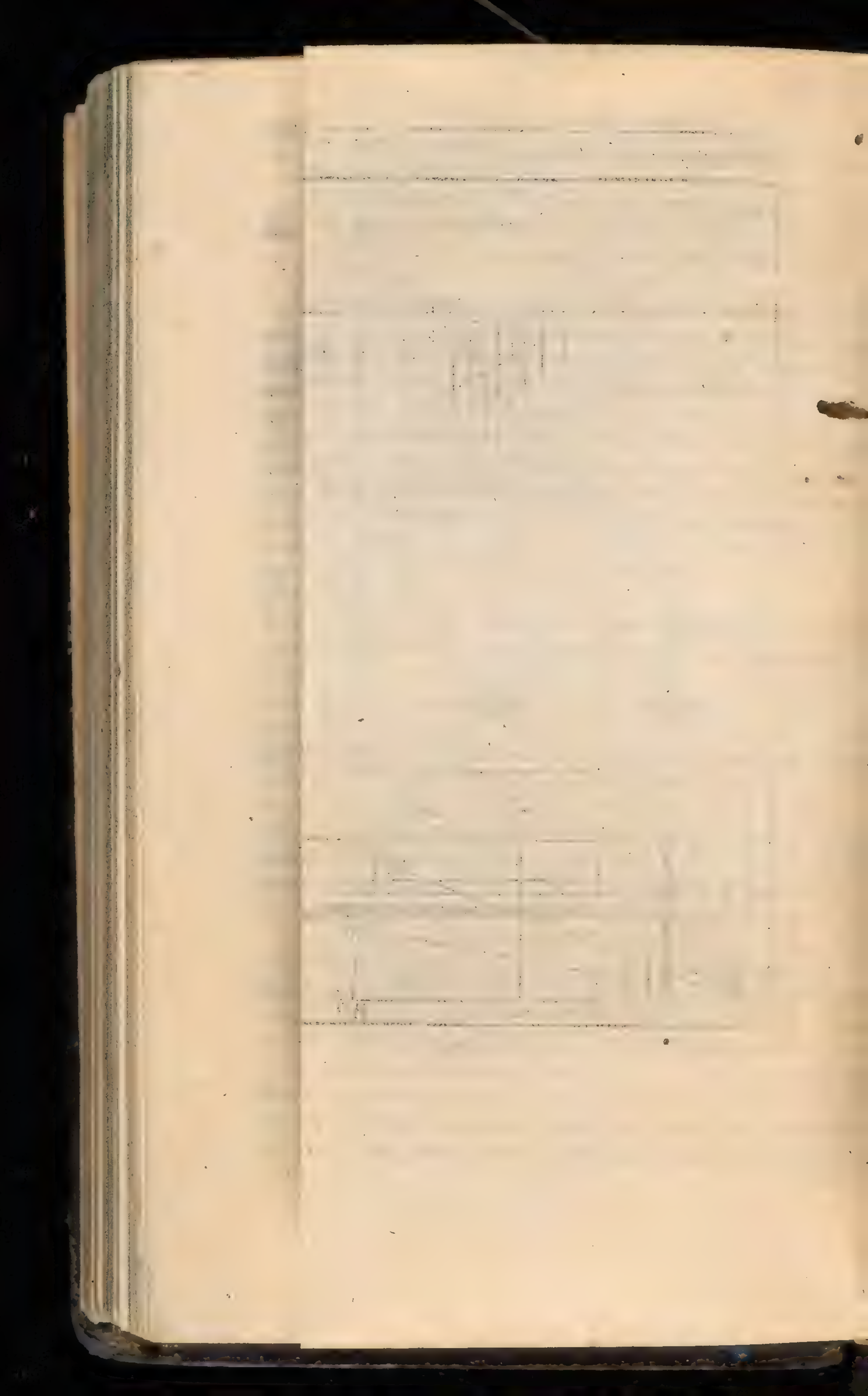
PROP. XLIV. Problema.

Colocar las doce Casas Celestes en todos los demas Reloxes, que son vertical, inclinado y polar.

Todos estos Reloxes convienen, en que la línea horizontal y la meridiana se cortan; y así en todos ellos se colocarán las doce Casas Celestes con una misma regla general, como se sigue. Del punto en que la horizontal

cor-


Estampa 12. Tom. 9.
fol. 154.
92.
93.
H Ricarte Esculp.t



corta la meridiana, tírense alternativamente líneas rectas por los puntos en que las líneas horarias cortan á la Equinoccial, y estas serán las líneas de las Casas. La razon es, porque los círculos de posicion que las forman, pasan por las intersecciones del Meridiano y Horizonte, y por las de los círculos horarios alternativos con la Equinoccial: luego sus expresiones ó cortes con el plano del Relox han de pasar tambien por los puntos sobredichos.

El modo de poner en todos los Reloxes los propios números de las Casas será, que á la línea de las 12 horas se ponga el número 10 ó décima Casa; y á los que se siguen á la parte occidental del Relox, se pondrán los números 11, 12, 1, y á la parte oriental los números 9, 8, 7, como se colige del órden con que proceden las dichas Casas, segun dixe al principio de este capítulo.

CAPITULO X.

DE LA COLOCACION DE LOS SIGNOS ascendentes y descendentes en los Reloxes solares.

PROP. XLV. Teorema.

Explícase qué cosa sean estas líneas, y el fundamento de su descripcion en los Reloxes.

SUpongo lo 1. que cada dia salen por el Oriente, y se ponen en el Ocaso todos los Signos del Zodíaco; pero su orto y ocaso es necesariamente á diferentes horas en diferentes dias del año, como consta de lo dicho en el tratado de la *Esfera Celeste.*

Supongo lo 2. que por ser el Zodíaco ó Eclíptica círculo obliqüo á la Equinoccial, segun la qual se mueve el Cielo de Levante á Poniente, es forzoso que en diferentes tiempos, aun de un mismo dia, tenga dicho círculo diferente situacion, y por consiguiente haya de ser diferente la comun seccion suya con el plano del Relox: por lo qual parece no habia de ser conveniente colocarle en los Reloxes, como se han colocado otros círculos, por la unifor-
mi-

midad que en todo tiempo observa su situacion, y ser consiguientemente determinada su seccion con el plano del Relox; pero como tambien sea cierto, que en qualquiera tiempo dado sea única y determinada, tanto la situacion de la Eclíptica como su seccion con dicho plano, se podrá colocar para aquel tiempo dicha seccion, la qual por ser de círculo máxîmo, será línea recta, (7 *lib.* 1) y en ella caerá la sombra del Gnomon en ese mismo tiempo, en qualquiera punto de la Eclíptica que se halle el Sol.

Lo que se pretende pues en este lugar, es colocar en qualquiera Relox de Sol la seccion ó corte que hace la Eclíptica con su plano al tiempo que por el Oriente sube el primer grado de cada Signo, y al tiempo en que se pone en el Ocaso: y como esta seccion, por ser de círculo máxîmo, sea línea recta, se sigue, que con solo hallar dos puntos determinados, se tirará en el plano del Relox qualquiera de dichas líneas de los signos ascendentes y descendentes, que será la recta tirada por dichos dos puntos. Toda la dificultad consiste en determinar estos dos puntos; pero se determinarán fácilmente en diferentes líneas del Relox, sabiendo en qué hora, ántes ó despues de mediodía, sale el principio de cada Signo, estando el Sol en los quatro puntos cardinales de Aries, Libra, Cáncer y Capricorno; y tambien sabiendo los puntos de Eclíptica que se hallan en el Meridiano, y en el círculo de la hora sexta al tiempo que salen los principios de los Signos: para saber esto sirven los tres problemas siguientes.

PROP. XLVI. Problema.

Dada la altura de polo, hallar á qué hora nacen por el Oriente los principios de los signos, hallándose el Sol en el principio de Aries, Libra, Cáncer y Capricorno.

Operacion. Hállese la ascension obliqüa del arco de Eclíptica comprehendido entre el principio de Aries, ú de Libra, ú de Cáncer, ú de Capricorno, y el principio del Signo propuesto por las tablas puestas en el tra-

ta-

tado de la *Esfera Celeste*. Redúzgase esta ascension obliqüa á horas y minutos por la regla dada en dicho tratado; y si fuere menor que el arco semidiurno, réstese de este arco, y el residuo serán las horas y minutos ántes del mediodía, en que sale el principio de aquel Signo; pero si dicha ascension obliqüa fuere mayor que el arco semidiurno, se restará de ella este arco, y el residuo serán las horas despues del mediodía, en que empieza á salir el Signo sobredicho.

Exemplo 1. Quiero saber á qué hora sale el principio de Cáncer en el Horizonte, cuya altura de Polo es 40 grados quando el Sol se halla en el principio de Ariete. La ascension obliqüa del arco de Eclíptica, comprehendido entre el principio de Ariete y el principio de Cáncer, segun las Tablas, es 68 grados 36 min. que reducidos á horas, son 4 hor. 34 min. Restados del arco semidiurno, que es 6 hor. por suponerse el Sol en el principio de Ariete, es el residuo 1 hora y 26 min. ántes del mediodía; y esta es la hora en que el principio de Cáncer sube por dicho Horizonte, estando el Sol en el principio de Aries, que corresponde á las 10 y 34 min. de la mañana.

Exemplo 2. Quiero saber á qué hora sale el principio de Sagitario, estando el Sol en el principio de Cáncer. La ascension obliqüa que corresponde al arco que hay entre el principio de Cáncer y el de Sagitario, es 187 grados 11 min. que reducido á horas, es 12 horas 28 min. El arco semidiurno en dicho dia, es 7 horas 26 min. que restado de la ascension obliqüa sobredicha, es el residuo 5 horas 2 min. despues del mediodía, y entónces empezará á salir el signo de Sagitario por dicho Horizonte en aquel dia; y así de los demas. En esta forma se han calculado las quatro Tablas siguientes, que sirven para las alturas de Polo allí expresadas, y para las poco distantes de ellas, sin diferencia notable: á las quales se ha añadido la Tabla de los arcos semidiurnos para las mismas alturas, por lo mucho que puede aprovechar en adelante.

1. ESTANDO EL SOL EN EL PRINCIPIO DE ÁRIES.

Alturas de Polo.	Aries.	Taur.	Gem.	Canc.	Leon.	Virgo.	Libra.	Escor.	Sagit.	Capri.	Aqua.	Piscis.
	Antes	Antes	Antes	Antes	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Antes	Antes	Antes
	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.
38 gr.	6 0	4 45	3 16	1 20	1 2	3 31	6 0	8 28	10 58	10 41	8 45	7 15
40 gr.	6 0	4 48	3 24	1 26	0 56	3 29	6 0	8 31	11 3	10 35	8 40	7 13
42 gr.	6 0	4 51	3 26	1 32	0 51	3 26	6 0	8 34	11 9	10 28	8 34	7 10

Antes, denota ántes del mediodía; y *despues*, despues del mediodía.

2. ES-

2. ESTANDO EL SOL EN EL PRINCIPIO DE LIBRA.

Alturas de Polo.	Libra.	Escor.	Sagit.	Capr.	Aqua.	Piscis.	Aries.	Taur.	Gem.	Canc.	Leon.	Virgo.
	Antes	Antes	Antes	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Antes	Antes
	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.
38 gr.	6 0	3 32	1 2	1 19	3 15	4 45	6 0	7 15	8 44	10 40	10 58	8 39
40 gr.	6 0	3 29	0 57	1 25	3 20	4 48	6 0	7 12	8 39	10 34	11 4	8 31
42 gr.	6 0	3 26	0 51	1 32	3 26	4 51	6 0	7 9	8 34	10 28	11 9	8 34

3. ES-

3. ESTANDO EL SOL EN EL PRINCIPIO DE CÁNCER.

Alturas de Polo.	Canc.	Leon.	Virgo.	Libra.	Escor.	Sagit.	Capr.	Aqua.	Piscis.	Aries.	Taur.	Gem.
	Antes	Antes	Antes		Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.		Antes	Antes
	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.
38 gr.	7 16	4 58	2 28	0 0	2 28	4 58	7 19	9 16	10 46	12 0	10 48	9 16
40 gr.	7 26	5 4	2 32	0 0	2 32	5 44	7 26	9 20	10 48	12 0	10 49	9 22
42 gr.	7 32	5 9	2 34	0 0	2 34	5 9	7 32	9 26	10 51	12 0	10 50	9 26

4. ES-

4. ESTANDO EL SOL EN EL PRINCIPIO DE CAPRICORNO.

Alturas de Polo.	Capr.	Aqua.	Piscis.	Aries.	Taur.	Gem.	Canc.	Leon.	Virgo.	Libra.	Escor.	Sagit.
	Antes	Antes	Antes		Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.		Antes	Antes
	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.
38 gr.	4 41	2 45	1 16	0 0	1 16	2 45	4 41	7 1	9 31	12 0	9 31	7 1
40 gr.	4 34	2 39	1 13	0 0	1 13	2 39	4 34	6 56	9 29	12 0	9 29	6 56
42 gr.	4 38	2 34	1 10	0 0	1 10	2 34	4 28	6 51	9 26	12 0	9 26	6 51

CA-

5. TABLA DE LOS ARCOS SEMIDIURNOS EN LOS PRINCIPIOS DE LOS SIGNOS.

Alturas de Polo.	Aries. Libra.	Taur. Virgo.	Gemin. Leon.	Canc.	Escor. Piscis.	Sagit. Aquar.	Capr.
	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.
38 gr.	6 0	6 37	7 7	7 19	5 23	4 53	4 41
40 gr.	6 0	6 39	7 12	7 26	5 21	4 48	4 34
42 gr.	6 0	6 42	7 17	7 32	5 18	4 43	4 28

PROP.

PROP. XLVII. Problema.

Hallar los puntos de Eclíptica que están en el Meridiano al tiempo en que salen los principios de los Signos.

Operacion. De la ascension obliqüa perteneciente al principio de cada Signo, réstese el quadrante ó 90 grados; y si dicha ascension fuere menor que el quadrante, añádansele 360 grados para que se pueda hacer la resta; y en todo caso el residuo será la ascension recta del punto de Eclíptica, que entónces está en el Meridiano sobre el Horizonte, que los Astronómos llaman *Mediacion del Cielo*. Búsquese en las tablas de las ascensiones rectas puestas en el tratado de la Esfera Celeste, el punto de Eclíptica correspondiente á dicha ascension, y se sabrá dicho punto, y su opuesto estará en el Meridiano baxo tierra, á que llaman los Astronómos *Angulo de la tierra*; pero para hallar dichos puntos con toda precision, será menester hallar la parte proporcional en la forma acostumbrada. Todo lo qual consta claramente de la disposicion de los círculos de la esfera, que se explicó en dicho tratado.

Exemplo. En altura de polo de 40 grados, la ascension obliqüa del principio de Virgo es 142 grad. 16 min. restando de ella 90 grad. restan 52 grad. 16 min. y esta es la ascension recta del punto de Eclíptica, que media el Cielo quando sale el principio de Virgo. Busco en las tablas de las ascensiones rectas los 52 grad. 16 min. y porque no se hallan cabales, saco la parte proporcional como se suele, y hallo corresponder 24 grad. 41 min. de Tauro: y este punto se halla en el Meridiano sobre el Horizonte al tiempo que por el Oriente sale el principio de Virgo; y su opuesto, esto es, 24 grad. 41 min. de Escorpion, se halla entónces en el Meridiano baxo de tierra, y así de los demas. De este modo se han calculado las tablas siguientes para las alturas de 38, 40 y 42 grados.

TABLA DE LAS MEDIACIONES DEL CIELO, EN EL TI EMPO QUE NACEN LOS PRINCIPIOS DE LOS SIGNOS.

Signos ascend.	Aries.	Tauro.	Géminis.	Cancer.
	G. M.	G. M.	G. M.	G. M.
Mediaciones en altura de 38	0 0 Capric.	17 19 Capric.	8 40 Aquar.	8 25 Piscis.
40	0 0 Capric.	16 44 Capric.	7 24 Aquar.	6 45 Piscis.
42	0 0 Capric.	15 59 Capric.	6 3 Aquar.	5 6 Piscis.

Si-

Signos ascend.	Leon.	Virgo.	Libra.	Escorpion.
	G. M.	G. M.	G. M.	G. M.
Mediaciones en altura de 38	16 43 Aries.	25 19 Tauro.	0 0 Cancer.	4 44 Leon.
40	15 23 Aries.	24 41 Tauro.	0 0 Cancer.	5 22 Leon.
42	13 59 Aries.	23 57 Tauro.	0 0 Cancer.	6 3 Leon.

Sig-

Signos ascend.	Sagitar.	Capricorn.	Aquar.	Piscis.
	G. M.	G. M.	G. M.	G. M.
Mediaciones en altura de 38	13 6 Virgo.	21 28 Libra.	21 21 Escorp.	12 43 Sagit.
40	14 28 Virgo.	23 9 Libra.	22 37 Escorp.	13 22 Sagit.
42	16 1 Virgo.	24 54 Libra.	23 57 Escorp.	14 1 Sagit.

PROP. XLVIII. Problema.

Hallar los puntos de Eclíptica, que están en el círculo de la hora sexta, al tiempo en que salen los principios de los Signos.

El círculo de la sexta hora, es el que pasa por los Polos del mundo, y por los puntos del verdadero Orto y Ocaso, en el qual punto terminan las ascensiones obliqüas: terminando pues estas ascensiones en dicho punto el círculo de la hora 6, y siendo este un horizonte de la esfera recta, se sigue, que las ascensiones obliqüas del principio de qualquiera Signo, son ascensiones rectas de aquel punto de Eclíptica que se halla en el círculo de las 6. Hallando pues las ascensiones obliqüas pertenecientes al principio de cada Signo, se sabrán las ascensiones rectas del punto de Eclíptica que se halla en el círculo de la hora 6. Y buscando en las tablas de las ascensiones rectas las sobredichas ascensiones, se tendrá el punto de Eclíptica que ocupa el círculo de la hora 6, al tiempo que sale el principio de cada Signo, procurando tambien hacer cuenta de la parte proporcional, y el punto opuesto será el que se halla en el mismo círculo despues del mediodía. En esta forma se han calculado las tablas siguientes.

TA-

TABLA DE LOS PUNTOS DE ECLÍPTICA, QUE SE HALLAN EN EL CÍRCULO DE LA HORA 6 EN EL TIEMPO QUE NACEN LOS PRINCIPIOS DE LOS SIGNOS.

Signos ascend.	Aries.	Tauro.	Geminis.	Cancer.
	G. M.	G. M.	G. M.	G. M.
Puntos en lahora 6 en altura de 38	0 0 Aries.	20 42 Aries.	13 34 Tauro.	11 46 Gemin.
40	0 0 Aries.	19 31 Aries.	12 16 Tauro.	10 16 Gemin.
42	0 0 Aries.	18 49 Aries.	10 53 Tauro.	8 41 Gemin.

Sig-

Signos ascend.	Leon.	Virgo.	Libra.	Escorp.
	G. M.	G. M.	G. M.	G. M.
Puntos en la hora 6 en altura de 38	14 18 Canc.	20 32 Leon.	0 0 Libra.	9 27 Escorp.
40	13 5 Canc.	19 50 Leon.	0 0 Libra.	10 9 Escorp.
42	11 49 Canc.	19 7 Leon.	0 0 Libra.	10 53 Escorp.

Sig-

Signos ascend.	Sagit.	Capric.	Aquar.	Piscis.
Puntos en lahora 6 en altura de 38	G. M.	G. M.	G. M.	G. M.
	15 50 Sagit.	18 22 Capric.	16 25 Aquar.	9 37 Piscis.
40	16 58 Sagit.	19 52 Capric.	17 43 Aquar.	10 22 Piscis.
42	18 11 Sagit.	21 19 Capric.	19 7 Aquar.	11 11 Piscis.

PROP.

PROP. XLIX. Problema.

Colocar en el Relox horizontal los Signos ascendentes. (*fig.* 96.)

Operacion. Del punto E, que es el centro de la division de la Equinoccial, descríbase un círculo, y supongamos quiero colocar la línea que pertenece al ascenso del principio de Tauro. Busco en la tabla 1 de la *prop.* 46 la hora en que sale dicho punto, estando el Sol en el principio de Aries en la altura, por exemplo, de 40 grados, y hallo ser 4 horas 48 min. ántes del mediodía; y coloco esta cantidad desde A hasta B, en la parte oriental de la Equinoccial, por ser dicho ascenso ántes del mediodía, como lo indica la misma tabla: desde B tiro una recta oculta por el centro E, que cortará la Equinoccial en C, y este será uno de los puntos que busco para la colocacion de la línea propuesta. Voy ahora á la tabla 4 y hallo en ella, que el mismo principio de Tauro, estando el Sol en el principio de Capricorno, sube por el Oriente á la 1 hora y 13 min. despues de mediodía; y así les numéro en dicho círculo desde A hasta D en la parte occidental de la Equinoccial: del punto D tiro por el centro E una recta, que cortará la Equinoccial en F; y por este punto F del centro del Relox H tiro una recta HF, que cortará al Trópico de Capricorno en K, y este será el otro punto que busco: tiro pues la recta KC, y esta representará la Eclíptica al tiempo que sale el principio de Tauro. De suerte, que en qualquiera tiempo en que la extremidad de la sombra tocare dicha línea, se sabrá sube por el Oriente el principio de Tauro, y su opuesto Escorpion desciende por el Ocaso; y así de los demas. Fúndase esta descripcion en lo mismo que las de los otros círculos máxîmos, como se colige de lo dicho.

Las líneas de los ascensos de Aries y Libra se tirarán parâlelas á la Equinoccial, y por consiguiente á la línea de las 6, esto es, la de Aries por el punto en que el Trópico de Capricorno corta á la Meridiana; y la de Libra por el punto en que corta la misma Meridiana el Trópico de Cancer.

cer. La razon es, porque estando el Sol en el principio de Capricorno, se halla en la Meridiana al tiempo en que sube el principio de Aries; y por consiguiente, la comun seccion del plano del Relox y de la Eclíptica, pasa entónces por el dicho punto de Capricorno que se halla en la Meridiana: luego dicha línea se ha de tirar por el punto en que el Trópico de Capricorno corta la Meridiana. Que haya de ser paralela á la Equinoccial y á la línea de las 6 es constante; porque al tiempo que sube el principio de Aries la Equinoccial, círculo de las 6 Eclíptica y Horizonte, tienen una misma seccion comun, como consta de la Esfera: y siendo el plano del Relox paralelo á la seccion sobredicha, será la seccion de la Eclíptica con este plano paralela á las líneas Equinoccial y de las 6. (*prop.* 4 *lib.* 2.)

Para describir las líneas de Cáncer y Capricorno, se obrará de esta suerte. El principio de Cáncer sube por el Horizonte, estando el Sol en el principio de Capricorno á las 4 horas 34 min. de la tarde en altura de 40 grados, como consta de las tablas. Tírese pues en el Relox la línea de las 4 y 34 min. como se suelen tirar las de las otras horas: señálese en la Equinoccial el punto por donde ha de pasar la línea de Cáncer en la forma arriba dicha, y por este punto tírese una paralela á la línea de las 4 y 34 min. y esta será la línea del ascenso de Cáncer. De este mismo modo se describirá la de Capricorno. El fundamento de esto consiste tambien en que al punto que sale el principio de Cáncer, se pone el de Capricorno, donde se supone estar entónces el Sol, que es á las 4 y 34 min. luego la Eclíptica y el círculo de las 4 horas 34 min. cortan en un mismo punto al Horizonte; y por consiguiente, estos tres círculos tienen una misma seccion comun: y equidistando el plano del Relox horizontal á esta comun seccion, serán paralelas en el plano del Relox la línea de las 4 y 34 min. y la seccion que con dicho plano hace en ese tiempo la Eclíptica. No se han tirado mas líneas en la figura, por evitar la confusion.

De aquí se colige poderse describir en el Relox horizontal las líneas de los Signos ascendentes, tirando primeramente las líneas de las horas en que se ponen los Signos

opues-

puestos, las quales se hallarán tambien en la tabla de los arcos semidiurnos puestos en la *prop.* 46. Y señalando en la forma dicha al principio el punto por donde han de pasar las líneas de los ascensos, ó en la Equinoccial, ó en uno de los Trópicos, sin señalar otro punto, con solo tirar paralelas por estos puntos á las líneas de las horas de dichos ocasos, se tendrán las de los Signos ascendentes: con que las líneas de Aries y Libra son paralelas á la línea de las 6. Las de Tauro y Virgo en altura de 40 grad. equidistan á la línea de las 5 hor. 21 min. Las de Géminis y Leon á la de las 4 hor. 48 min. La de Cáncer á la de las 4 y 34 min. Y la de Capricorno á la de las 7 y 26 min. Ultimamente se ha de advertir, que así en este, como en los demas Reloxes, ninguna de las líneas de los Signos ascendentes puede cortar los Trópicos, sí que es tangente de ellos, y por consiguiente no pueden pasar de sus límites; así como la Eclíptica toca entrambos Trópicos sin cortarles, y está contenida dentro de ellos.

PROP. L. Problema.

Colocar en el Relox vertical sin declinacion los Signos ascendentes. (*fig.* 96.)

Operacion. Descrito el círculo BAD, que sirve para la division de la Equinoccial, se recurrirá á las dos tablas primeras de la *prop.* 46, de las quales se tomarán las horas en que nacen los Signos del Zodíaco, quando el Sol entra en el principio de Aries y Libra, y se suputarán en el sobredicho círculo de A hácia Levante ó Poniente, segun notaren las tablas; y por estos puntos y el centro E se tirarán rectas ocultas, que cortarán la Equinoccial en los puntos por donde han de pasar las líneas de los Signos ascendentes, y con esto se tendrá un punto para cada línea. Para hallar el otro, se notarán en la línea horizontal los puntos en que las cortan los paralelos de los Signos, y estos serán los que se buscan: y últimamente, tirando rectas de cada punto de la horizontal, por el que le corresponde en la Equinoccial, se tendrán tiradas las líneas de los Signos ascendentes que se pretenden.

Es-

Estos puntos de la línea horizontal se pueden hallar sin describir los paralelos de los Signos en esta forma: De la *tabla* 5 de la *prop.* 46 tómense los arcos semidiurnos de los Signos australes para los Reloxes que miran al Austro, y se contarán desde A á una y otra parte; y de los puntos que se hubieren notado, se tirarán líneas ocultas por el centro E, que cortarán la Equinoccial en unos puntos, por los quales se tirarán rectas ocultas del centro H del Relox, y estas cortarán la horizontal en los puntos por donde pasan los arcos de los Signos; y es la razon, porque en estos puntos nace y se oculta el Sol quando está en los principios de aquellos Signos. Para los Reloxes que miran al Septentrion, se tomarán los arcos semidiurnos de los Signos boreales, y se contarán del punto S hácia una y otra parte. He usado de la misma figura del Relox horizontal, por no haber para el caso diferencia notable.

PROP. LI. Problema.

Colocar en los Reloxes meridianos Oriental y Occidental los Signos ascendentes. (*fig.* 97.)

Operacion. Tómense en las dos tablas primeras de la *prop.* 46 las horas en que salen los doce Signos, quando el Sol se halla en los principios de Aries y Libra; esto es, para el Relox oriental los que salen ántes del mediodía, y para el occidental los que nacen despues: estas horas se notarán en el círculo GHIF, desde la línea GI, ó hácia Levante ó hácia Poniente; esto es, ó hácia la parte de la mañana ó de la tarde, segun se notare en la tabla. Por estos puntos y el centro E tírense rectas ocultas, que cortarán la Equinoccial en puntos, tanto sobre la horizontal, como baxo de ella, por los quales han de pasar las líneas de los Signos ascendentes.

Los otros puntos se hallarán en la horizontal, y serán aquellos en que es cortada por los paralelos de los Signos, pues es cierto, que la sombra del Gnomon caerá en estos puntos; en el Relox oriental quando salen los Signos, y en el occidental quando se ponen. Si los paralelos de los Signos no se hubieren descrito en el Relox, se hallarán dichos

chos puntos por la *tabla* 5 de los arcos semidiurnos, como se dixo en la propos. antecedente : últimamente tírense líneas rectas por los puntos correspondientes en la Equinoccial y horizontal, y estas serán las de los Signos ascendentes en el Relox oriental ; y tirando líneas por los puntos de la Equinoccial y horizontal pertenecientes á los Signos opuestos, se tendrán los Signos ascendentes en el Relox occidental. En la figura, el punto Q es el que en la forma dicha se ha hallado en la Equinoccial para el principio de Géminis ; y el punto P es el en que el paralelo de Géminis corta á la horizontal : y tirando por dichos puntos la PQ, esta será la del orto del principio de Géminis : de suerte, que siempre que la extremidad de la sombra cayere en ella, saldrá el sobredicho Signo.

PROP. LII. Problema.

Delinear los Signos ascendentes en el Relox Polar. (*fig.* 98.)

Operacion. De las dos primeras Tablas de la *prop.* 46 tómense las horas en que salen los principios de los doce Signos, estando el Sol en el principio de Aries y Libra ; y estas se contarán en el círculo FGHI que sirvió para la descripcion de las horas ; y se numerarán en el Relox superior las de la mañana de F hácia I ; y las de la tarde, de F hácia G : mas en el inferior se contarán de las de la mañana de H hácia I ; y las de la tarde, de H hácia G : de estos puntos tírense por el centro E rectas ocultas, que cortarán la Equinoccial en los puntos por donde han de pasar las líneas de los Signos ascendentes. Aquí se ha de advertir, que en el Relox superior se han de omitir aquellos Signos que salen 6 horas ó mas, ántes y despues del mediodía ; y en el inferior los que salen á las 6 horas ó ménos, ántes y despues de mediodía : luego se notarán en la horizontal los puntos en que la cortan los paralelos de los Signos ; y si estos no estuvieren en el Relox, se podrán hallar dichos puntos por la Tabla de los arcos semidiurnos, como se dixo en las antecedentes. Ultimamente tírense líneas

neas rectas por los puntos señalados en la Equinoccial, y por sus correspondientes en la horizontal, y estas serán las de los Signos ascendentes, como se vé en la línea MN, que es la de Cáncer ascendente. La línea de Aries ascendente se tirará paralela á la Equinoccial por el punto en que el Trópico de Capricorno corta á la meridiana; y por el punto en que la corta el Trópico de Cancro, se tirará paralela á la Equinoccial la línea de Libra ascendente. Todo lo qual consta de lo dicho en las proposiciones antecedentes.

PROP. LIII. Problema.

Colocar los Signos ascendentes en el Relox equinoccial. (*fig.* 99.)

Operacion. Tírense del centro E del Relox las líneas ocultas de aquellas horas en que suben por el Horizonte los principios de los Signos, quando está el Sol en el principio de Cancro para el Relox superior; y quando está en el principio de Capricorno para el inferior, las quales se hallan en la tercera y quarta Tabla de la *prop.* 46, tomando tambien las de aquellos Signos que salen mas horas ántes ó despues del mediodía, que las contenidas en el arco semidiurno de Cancro ó Capricorno; y estas líneas cortarán el Trópico de Cancro ó Capricorno en unos puntos, por los quales se tirarán líneas tangentes á dicho círculo, y estas serán los Signos ascendentes. Y se ha de advertir, que si se hubiere obrado sin error, pasarán las dichas líneas por aquellos puntos de la horizontal en que es cortada de los paralelos de aquellos Signos ascendentes; por ser evidente, que por aquel punto de la horizontal sale aquel Signo. La razon de ser estas líneas tangentes al Trópico, es la que generalmente dixe de todos los Reloxes en la *prop.* 49.

El órden que han de llevar los Signos es el siguiente: Así en el Relox superior, como en el inferior, el Signo de Aries pasa por A, el de Tauro por el punto siguiente; el de Géminis por el siguiente; y así en los demas. Qué partes de líneas sean superfluas, se colegirá de la misma práctica.

PROP.

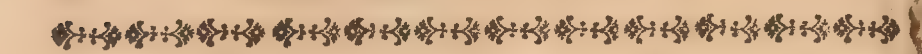
PROP. LIV. Problema.

Colocar los Signos ascendentes en los verticales declinantes, y en qualesquiera inclinados.

Operacion. Hállense en la Equinoccial los puntos de las horas en que salen los principios de los Signos, como en los antecedentes, por las tablas de la *prop.* 46. Pero porque muchas veces sucede en los Reloxes declinantes no poderse hallar dichas horas en la Equinoccial, nos valdrémos para hallar estos puntos de las tablas de las mediaciones del Cielo puestas en la *prop.* 47, segun las quales se dividirá el Zodíaco radioso; colocando en él los grados y minutos de los Signos que se hallan en la meridiana al tiempo en que salen los principios de los Signos. Hecho esto, se usará del radio para poner estos puntos en la meridiana, de la misma suerte que se usó de él para colocar en ella y en las demas horas los puntos de los paralelos de los Signos en las *propos.* 8 *y* 10. Puestos estos puntos en la meridiana, se pondrán tambien en la línea de las 6 los puntos de Eclíptica que en ella se hallen al tiempo que ascienden los mismos principios de los Signos, los quales se hallarán en la tabla de la *prop.* 48, colocándoles primero en el Zodíaco radioso por las prácticas de las *propos.* 8 *y* 10. Hecho esto, se tirarán líneas rectas por los puntos correspondientes notados en la meridiana y en la línea de las 6, y estas serán las de los Signos ascendentes. En los Reloxes inclinados, declinantes ó sin declinacion, no hay especial dificultad que en los verticales; y así no necesitan de mas explicacion.

Adviértase, que para evitar confusion, caso que se coloquen en qualquiera Relox todas las líneas de los Signos ascendentes, será conveniente se distingan con diferentes colores: las que sirven del Trópico de Capricorno al de Cáncer, podrán ser coloradas; y las que del Trópico de Cáncer al de Capricorno, negras. Otras cosas se podrian advertir, que las enseñará mejor la práctica, que muchos preceptos. La utilidad de estas líneas es insigne;

porque en qualquiera momento se conoce por el Relox la situacion que tiene el Cielo; porque quando la sombra del Gnomon cae en la línea de un Signo ascendente, conocemos qué Signo sube por el Oriente, y quál sea el que se oculta en el Ocaso, que es siempre el opuesto al ascendente: y juntamente se puede conocer qué Signo está en el Meridiano superior ó décima Casa; y por consiguiente quál sea el que está en el Meridiano inferior ó principio de la quarta Casa, que es el opuesto al que se halla culminante en la décima.



LIBRO IV.

DE VARIAS FORMAS Y ESPECIES DE RELOXES SOLARES.

CAPITULO I.

DE LOS RELOXES LUNARES.

Reloxes Lunares, son aquellos en que la sombra de la Luna formada por el Gnomon indica qué hora sea del Relox, por lo qual tienen su lugar entre los Reloxes Solares; para cuya inteligencia es menester advertir, que la sombra de la Luna siempre señala aquel círculo horario en que se halla, el qual por lo ordinario es diferente del que ocupa el Sol; pero de aquel se puede colegir este con algun artificio que se explica en este capítulo; con el qual, viendo la sombra de la Luna, sabrémos qué hora sea del Sol, supuesto que todos nos gobernamos por las horas solares, que son entre sí mas constantes y uniformes, que las de la Luna.

PROP.

PROP. I. Problema.

Conocer qué hora sea del Sol por la sombra que hace la Luna en un Relox Solar.

Regla. Véase quántos dias hay pasados de Luna, y á la hora que señala la Luna en el Relox del Sol añádanse tantas veces tres quartos de hora, quantos fueren dichos dias, y esa será la hora del Sol que se busca.

Exemplo 1. Supongamos, que el dia cinco de Luna completo señala la Luna en el Relox de Sol las 12, contando tres quartos por cada dia, son quince quartos, que son quatro horas ménos quarto, que añadidos á las 12 que señala, son 4 horas ménos quarto; y esta es entónces la hora del Sol. *Exemplo* 2. Supongamos, que en ese mismo dia señala las 3 en el Relox; añado las sobredichas 4 horas ménos quarto, y serán las 7 ménos quarto del Sol. *Exemplo* 3. Supongamos, que en dicho dia señala las 8 de la mañana; si puede ser, añado las 4 ménos quarto, y son las 12 ménos quarto del mediodía, y así de las demas.

Demonstr. La Luna por su propio movimiento que tiene hácia el Oriente se hace mas oriental que el Sol, y sale mas tarde cada dia tres quartos de hora con poca diferencia: luego la hora ó punto que señala cada dia, es tres quartos mas tarde que la del Sol: luego añadiendo tres quartos de hora por cada dia á la hora que señala, se tiene con alguna diferencia la hora del Sol.

Pero para que la hora se colija con mayor precision se procederá de otra suerte: para lo qual es menester advertir, que la Luna se aparta del Sol cada dia, segun el movimiento medio ó igual, 12 grad. 11 min. á quienes corresponden de tiempo 48 min. y 44 segundos, que son casi quatro minutos mas de los tres quartos, que son 45 min. con que será menester añadir por cada dia á la hora que señala la Luna en el Relox 48 min. y 44 segundos; para lo qual sirve la siguiente Tabla, en cuya primera coluna se halla el dia de Luna que empieza á correr, al qual le corresponde en la segunda lo que se debe añadir á la hora sobredicha.

 Exem-

Exemplo. Señale la Luna el mediodía en el dia 2 de Luna, que es uno completo, á quien corresponden 49 min. que añadidos á las 12 que señala en el Relox, se dirá ser 49 min. despues de la media noche. Asimismo, señale la Luna las 7 en el dia 4 de Luna, porque á este dia corresponden en la Tabla 2 hor. 26 min. se añadirán á las 7, y se dirá ser las 9 hor. 27 min. de la tarde, y así de los demas. Adviértase, que en los dias de Luna desde 15 hasta el fin del mes Lunar, al número de horas que les corresponden, se han de añadir 12 horas. *Exemplo.* El dia 24 de Luna señala la sombra las 4 de la mañana; añadidas las 6 hor. 40 min. que corresponden, hacen 10 hor. y 40 min. que serian de la mañana; pero por añadirse 12 horas, son las 10 y 40 min. de la tarde, y así de los demas. El número que corresponde al dia 30, es el del dia 29 completo.

Dias de Luna, que empiezan.	Añádanse. H.	Añádanse. M.	Dias de Luna, que empiezan.	Añádanse. H.	Añádanse. M.
1	0	0	16	0	10
2	0	49	17	0	59
3	1	37	18	1	48
4	2	26	19	2	37
5	3	15	20	3	25
6	4	3	21	4	14
7	4	52	22	5	3
8	5	41	23	5	52
9	6	30	24	6	40
10	7	18	25	7	29
11	8	7	26	8	17
12	8	56	27	9	7
13	9	45	28	9	55
14	10	33	29	10	44
15	11	22	30	11	33

PROP.

PROP. II. Problema.

Fabricar un Relox Lunar, y conocer por él la hora del Sol.

Operacion. Descríbase el Relox Solar, qualquiera que sea, con las líneas de las horas Astronómicas solares; pero sin los números que las expresan. Hecho esto, pónganse en el Relox los dias de la Luna que aquí se suponen ser 29, poniendo el primero en la meridiana, lo que se hará en esta forma. Si el Relox fuere Equinoccial, se dividirá todo el círculo en 29 partes iguales, empezando de la meridiana, y tirando del centro líneas por dichas divisiones, se pondrán en ellas los números de los dias de la Luna por su órden, empezando de la parte inferior de la meridiana, y continuándolas hácia la parte occidental del Relox. En los demas Reloxes, así horizontales como verticales é inclinados, se colocarán estos dias de la Luna, dividiendo el círculo Equinoccial en 29 partes iguales, numerándoles del punto que va á la meridiana hácia la parte occidental del Relox; y tirando líneas del centro del círculo por sus divisiones, quedará con ellas dividida la Equinoccial en puntos, por los quales se tirarán del centro del Relox líneas, que serán las de los dias de la Luna, á quienes se pondrán los números correspondientes á los que tienen en el círculo que sirvió para la division: con esto quedarán descritos en el Relox los dias de la Luna, y concluido el Relox, cuyo uso es el siguiente.

Imagínese, que la línea del dia corriente de Luna es la meridiana: cuéntense los intervalos horarios que hubiere de dicha línea hasta el lugar en que cae la sombra de la Luna, y si esta distancia fuere segun el órden de las horas, se añadirán al mediodía tantas horas como fueren los intervalos sobredichos; y si la distancia arriba dicha fuere contra el órden de las horas, se restarán del mediodía tantas horas como fueren los intervalos, y la suma ó resta será la hora del Sol que se pretende saber.

Exemplo. Supongamos, que el dia 6 de Luna corriente, cae la sombra de la Luna sobre el mismo dia 6, y porque en

en este caso no hay distancia alguna de dicha línea á la sombra, no hay que añadir ni quitar al mediodía ó á las 12, y así diré las 12 de la noche; y lo mismo se dirá siempre que la sombra cayere en la línea del dia corriente de Luna. Supongamos ahora, que en el mismo dia 6 de Luna cae la sombra en la línea de las 2 horas solares de la tarde: cuento quántos intervalos de horas solares hay hasta la línea del dia 6 de Luna, y hallo ser seis; y porque son segun la serie de las horas, diré ser las 6 de la tarde. Supongamos otra vez, que en ese mismo dia cayga la sombra en la línea horaria de las 6 de la mañana, si fuere posible: cuento los intervalos que hay de la línea del dia 6 de Luna, hasta la línea de las 6 de la mañana, y hallo haber dos; y porque es contra el órden de las horas, quito dos horas del mediodía ú de las 12, y diré ser las 10, y así de las demas. El fundamento de esto es el mismo que el de la proposicion antecedente.

PROP. III. Problema.

Fabricar otro modo de Relox Lunar, en quien la sombra de la Luna señala la hora del Sol.

Operacion. Descríbase primeramente el Relox Solar Astronómico simple de suerte, que las líneas de las horas se puedan borrar. Descríbanse del centro del Relox á qualquiera distancia trece círculos concéntricos igualmente distantes entre sí, que comprehenderán doce espacios iguales. El círculo mayor ó exterior se supondrá destinado para el dia del Novilunio; el siguiente para el dia en que la Luna se ha apartado del Sol 15 grados, en el qual dia quando se hallare la Luna en el círculo de las 11 horas, será mediodía; quando se hallare en el de las 10, serán las 11, y así consecutivamente: con que en este segundo círculo las cifras de las horas se anticipan á las del primero una hora; y así al punto en que es cortado de la línea de las 11, se pondrán las 12, al de las 12 se escribirá 1, al de la 1 se escribirá 2, &c. El círculo tercero destínese para el tiempo en que la Luna se ha apartado del Sol

30

30 grados ó dos horas : con que estando la Luna en el círculo horario de las 10 serán las 12, porque estará entónces el Sol en la meridiana ; y por consiguiente las cifras de las horas se anticipan á las del primero dos horas. Asimismo en el quarto se anticipan tres horas, y así de los demas.

Hecho esto, para evitar la confusion que pueden ocasionar tantas cifras repetidas, se juntarán con una línea curva todos los puntos que pertenecen á una misma hora, que se señalará con su cifra, y estas serán las líneas horarias de este Relox, y se borrarán las comunes, y juntamente todos los círculos, ménos los extremos. Divídase ahora en 15 partes iguales el intervalo que hay entre estos dos círculos extremos, y por las divisiones tírense círculos concéntricos, y estos pertenecerán á los dias de la Luna ; es á saber, el primero y exterior al dia 1 y 15, el segundo á los dias 2 y 16, el tercero á los dias 3 y 17, y así de los demas : y quedará concluido el Relox Lunar, en el qual se pondrá el Gnomon inclinado en el centro como se acostumbra ; y la sombra de la Luna señalará la hora del Sol en el círculo propio del dia que entónces tuviere la Luna.

El fundamento de esto consiste, en que los círculos que representan los dias de la Luna, son otros tantos Reloxes que llevan las horas segun es la distancia de la Luna al Sol ; y por consiguiente, observando el punto de hora transversal, que corta la sombra del Gnomon en el círculo de aquel dia de Luna, se sabe la hora del Sol: solo es menester advertir, que en la Luna menguante se ha de mudar la denominacion de las horas, como si la sombra señala las 8 de la mañana, se dirá ser las 8 de la tarde ; y si señala las 4 de la tarde, se dirá ser las 4 de la mañana.

Estos Reloxes Lunares necesariamente han de ser poco exâctos, por ajustarse á las Epactas Civiles, que no concuerdan precisamente con las Astronómicas, y puede crecer el error hasta tres quartos de hora.

CA-

CAPITULO II.

DE LA DESCRIPCION DE LOS RELOXES Solares en superficies esféricas.

En la *prop.* 42 del *lib.* 2 expliqué una práctica general para describir los Reloxes en qualquiera superficie cóncava ó convexâ, esférica ó cilíndrica, regular ó irregular, suponiendo en ella clavado un Gnomon; pero en este capítulo y el siguiente explicaré el modo de describir en dichas superficies los Reloxes Solares, con otras circunstancias muy distintas, de donde podrá el estudioso discurrir la delineacion de otros Reloxes de no menor curiosidad y provecho.

PROP. IV. Problema.

Describir un Relox en la superficie convexâ de un globo, donde sin Gnomon se conozcan las horas. (*fig.* 100.)

Operacion. Tómese primeramente con un compas de puntas vueltas, ó con dos esquadras, el diámetro del globo, el qual se tirará exâctamente sobre un papel aparte, y dividiéndole por medio, se describirá del punto de la division, como centro, un círculo, que se dividirá en sus quatro quadrantes: tómese con el compas la magnitud de un quadrante, ó la cuerda de 90 grados, y con esta distancia desde qualquier punto A del globo, como polo, descríbase en su superficie un círculo, que será el Equador 6, 12, 6: divídase este en 24 partes iguales, y quedará concluido el Relox, el qual se colocará de suerte, que el círculo ADB, que lleva el número de las 6 horas, esté perfectamente baxo de la meridiana: tómese en este el arco AD igual al complemento de la altura de polo, y dispóngase que el punto D corresponda al Zenit, y con esto la extremidad de la sombra ó línea que divide el emisferio iluminado del obscuro, señalará la hora en la Equinoccial. El fundamento consta de lo dicho en el

el tratado de la Esfera celeste, y en el de la terrestre, que por ser bien claro no lo repito.

PROP. V. Problema.

Describir todo el Orbe terrestre en un globo expuesto al Sol.

Esta descripcion tiene maravillosos usos; porque á mas de exponer claramente á la vista los principios de toda la Geografía, sirve para el conocimiento de muchas cosas pertenecientes á los Reloxes Solares, como verémos en la proposicion siguiente: su fábrica es como se sigue.

Fórmese con la perfeccion posible un globo de piedra, porque habiendo de estar expuesto al Sol, y á las inclemencias del tiempo, no puede ser de otra materia: póngase fixo sobre una basa, para que siempre conserve una misma situacion. Hecho esto, se buscará primero su Zenit con un nivel, que sea cóncavo por la parte que ha de tocar al globo, y moviéndole sobre el globo, se observará quándo el plomo cae perfectamente sobre la perpendicular del nivel, y el punto que esta línea señalare en el globo, será su Zenit. Hallado este, se observará quándo un Relox exâcto señala el mediodía, y al mismo tiempo se acercará al globo un hilo con su plomo, de modo que su sombra pase por el Zenit hallado; y señalando tres ó quatro puntos de esta sombra en la superficie del globo, se tomará un compas de puntas vueltas, y abriéndole á distancia de 90 grados, se hará centro en los puntos notados, y se describirán unos arcos, cuya interseccion será el polo del Meridiano, desde el qual con la misma abertura de compas se describirá un círculo, que será el Meridiano, y pasará necesariamente por el Zenit. Numérese el Zenit en este Meridiano hácia el Norte el complemento de la altura de polo, y señálese un punto que será dicho polo: cuéntese del mismo Zenit hácia el Austro la altura de polo, y se tendrá en el Meridiano el punto por donde pasa la Equinoccial, la qual se describirá desde el polo, y juntamente sus paralelos, especialmente los de los Signos; y los demas de 10 en 10 grados, notando diligentemente el que pasa por el

el Zenit. Cerca del polo se describirán tambien tres paralelos; es á saber, el polar á distancia de 23 grad. 30 min. otro en distancia de 20 grad. 13 min. y otro de 11 grad. 30 min. que son las declinaciones de los Signos.

Del punto en que el Meridiano corta la Equinoccial, cuéntese en esta la longitud propia de la region ó distancia suya del primer Meridiano, y desde aquel punto divídase la Equinoccial en 36 partes iguales, y por estos puntos y el polo, con abertura de 90 grados, se describirán los Meridianos de suerte, que se puedan borrar. Con esto se irán describiendo en el globo todas las regiones de la tierra en las quadrículas que forman los Meridianos y paralelos, como se dixo en el tratado de la *Esfera Terrestre*. Hecha esta descripcion, se borrarán los Meridianos, y se substituirán los círculos horarios, dividiendo la Equinoccial en 24 partes iguales, empezando del Meridiano, y tirando dichos círculos por las divisiones, y el polo con abertura de 90 grados, y al Meridiano se le pondrá la cifra 6, al siguiente hácia el Ocaso se pondrá 7, y se proseguirá con el mismo órden. En el paralelo que pasa por el Zenit se pondrá en el punto del Meridiano la nota 24 al siguiente 1, y así consecutivamente, y quedará concluida la delineacion.

PROP. VI. Problema.

Explícanse los usos maravillosos de este globo ó Relox.

1 Se conocerá en qualquiera hora en qué regiones es dia, y en quáles sea noche; porque en todas aquellas que están en el emisferio iluminado, es entónces dia, y en las que en el obscuro, es noche.

2 Véase por qué regiones pasa la línea ó linde de la luz y sombra, y se sabrá en qualquiera hora en qué regiones nace y se pone el Sol, para lo qual se han de distinguir dos lindes; el uno que tiene la sombra hácia Poniente, y el otro que la tiene hácia Levante; al primero llamaré *Oriental*, y al segundo *Occidental*. En aquellas regiones por donde pasa el linde oriental amanece entónces, y en las que están en el linde occidental anochece.

Se-

3 Se conoce, qué regiones vean todo aquel dia el Sol sin tener noche, y son todas aquellas que están entre el linde de la iluminacion y el Polo iluminado; y al contrario, aquellas que estuvieren entre dicho linde y el Polo obscuro, carecerán todo aquel dia del Sol.

4 El linde oriental señala en la Equinoccial la hora Astronómica, como dixe en la proposicion pasada; y en el paralelo que pasa por el Zenit, señala ese mismo linde la hora Italiana; y el linde occidental la Bábilonica.

5 Se sabe en qualquiera tiempo del dia qué hora sea en qualquiera region, como se sigue. Nótese el punto en que el Meridiano que pasa por dicha region corta la Equinoccial, y desde este punto cuéntense los intervalos horarios que hay hácia el Occidente hasta el linde Oriental de la iluminacion, y tantas horas se han de añadir á las 6, y la suma será la hora Astronómica que es entónces en aquella region.

6 Se sabrá la cantidad del dia en qualquiera parte del mundo, en esta forma. En la parte iluminada del paralelo que pasa por la region propuesta, córtense los intervalos horarios que hay entre los dos lindes de la iluminacion, y tantas horas tendrá en ella aquel dia; y la noche tendrá tantas horas quantos fueren los intervalos horarios contenidos en la parte obscura de dicho paralelo entre los mismos lindes.

7 Se hallará el punto de la tierra á quien corresponde el Sol perpendicularmente en qualquiera hora, como se sigue. Hállese el Polo del círculo de la iluminacion, y ese será el punto que se pretende saber. El Polo sobredicho se hallará abriendo el compas á distancia de 90 grados, y haciendo centro en dos puntos de la periferia de la iluminacion, se harán dos arcos, que se cortarán en dicho Polo, ó tambien de esta suerte. Divídase la parte iluminada del paralelo en que aquel dia anda el Sol, en dos partes iguales, y el punto de la division será el Polo que se busca.

8 Tambien se halla la altura del Sol en qualquiera hora sobre el Horizonte de qualquiera region; porque hallado en la forma dicha el punto sobre que insiste perpendicularmente, se tomará con el compas la distancia que hay de dicho punto hasta la region que se quisiere; y pasando es-

esta distancia á la Equinoccial, se verá quántos grados comprehende, y esta será la distancia del Sol al Zenit de aquella region; y su complemento á 90 grados será la altura del Sol sobre su Horizonte.

PROP. VII. Problema.

Describir un Relox Horizontal en un emisferio cóncavo (fig. 101.)

Operacion. Fabríquese un emisferio cóncavo, cuya orilla DEF sea el Horizonte: escójase arbitrariamente en él un punto D para el Meridiano. Divídase el dicho círculo DEF en quatro quadrantes DF, F12, 12E, ED, y poniendo el pie del compas en F ó E, con el intervalo FD descríbase el Meridiano D12, en el qual se cortará el arco DA igual á la altura de Polo; y el arco 12C, igual á su complemento; y el punto A será el Polo, y C será el punto en que la Equinoccial corta el Meridiano: hágase centro en el Polo A, y con distancia de un quadrante, AF ó AC se describirá la Equinoccial ECF: divídase este semicírculo en 12 partes iguales, y haciendo centro en cada division con abertura de un quadrante, se describirán los círculos horarios, que todos pasarán por el Polo A.

Puédense tambien describir los paralelos de los Signos, notando sobre el Meridiano desde la Equinoccial sus declinaciones, y hecho centro en el Polo A, se describirán unos círculos por los puntos notados, y estos serán los paralelos de los Signos. El Gnomon se puede colocar en el punto del Zenit B, y tan alto, que su extremidad coincida con el centro del Horizonte DE12F. Y aun será mejor se fixe en el Polo A, y que su extremidad coincida tambien con el centro del Horizonte ó emisferio.

El fundamento de este Relox es claro; porque siendo su figura un emisferio concéntrico sensiblemente con el Cielo, ha de caer la sombra del Gnomon en la parte opuesta del círculo horario en que anda el Sol. Lleva este Relox la conveniencia de ser muy recogido, y poderse poner en postura para que pueda señalar las horas sin brúxula, solo

94. C 330 350 G 10 B H A O D Canarias Valencia

95. K L E F M Valencia Canarias

96. 12 S H 6 6 C F E B K 12 A D

97. G F E A P Horizont. H I Q Equinoccial.

98. F Horizontal. D Trop. de ♑ G E I Equinoccial. H Trop. de ♋ M N

99. L K A G H Horiz. I E F B 12

100. D A B E

101. D A E B F C 12

HRicarte sculp.t

lo con que se ajuste la extremidad de la sombra al paralelo en que aquel dia anda el Sol.

PROP. VIII. Problema.

Describir un Relox Polar en un emisferio cóncavo. (fig. 102.)

Operacion. Sea un emisferio cóncavo, cuya orilla ó círculo exterior sea BCD: sea E el polo de este círculo. Divídase en quatro quadrantes; y describiendo desde D ó B un círculo con el intervalo de un quadrante, se tendrá el Meridiano; y describiendo con el mismo intervalo otro círculo desde C, qual es BED, será la Equinoccial, que se dividirá en 12 partes iguales; y describiendo por cada division los círculos horarios que se juntarán en A y C, quedará concluido el Relox, cuyo Gnomon será el exe AC con un agujero en medio, para que por él pase el rayo del Sol. La postura del Relox ha de ser tal, que el exe AC sea paralelo al exe del mundo; y el círculo ABCD equidiste al círculo de las 6 horas: puédese tambien hacer este círculo paralelo al Meridiano, y entónces será este Relox Oriental ú Occidental, segun la parte á que se volviere; solo es menester advertir, que en este último caso el círculo del medio será la hora 6 matutina ó vespertina, segun la postura del Relox. Puédense poner fácilmente los paralelos de los Signos y otros círculos, como se puede colegir de lo dicho en la proposicion pasada.

PROP. IX. Problema.

Describir otros géneros de Reloxes en emisferios cóncavos.

1 Si se quisiere describir el Relox Equinoccial en un emisferio cóncavo, cuya orilla ó círculo exterior sea paralelo á la Equinoccial, se dividirá dicho círculo en 24 partes iguales, y de ellas, como de polos, con distancia de un quadrante se describirán los círculos horarios, que se cruzarán en el polo del emisferio; y desde este se pueden des-

describir los paralelos de los Signos, si pareciere, segun lo dicho en la *prop.* 7. El Gnomon se colocará en el polo de suerte, que su extremidad venga á estar en el centro de la Equinoccial ú del emisferio.

2 De aquí se puede colegir el modo de describir un Relox vertical en un emisferio cóncavo, cuya orilla ó basa sea paralela al vertical primario, y generalmente se podrá describir en el sobredicho emisferio un Relox en qualquiera postura que tenga; porque siempre equidistará á algun círculo celeste, que será horizonte de alguna tierra; y por consiguiente se hará su delineacion por la *prop.* 7.

CAPITULO III.

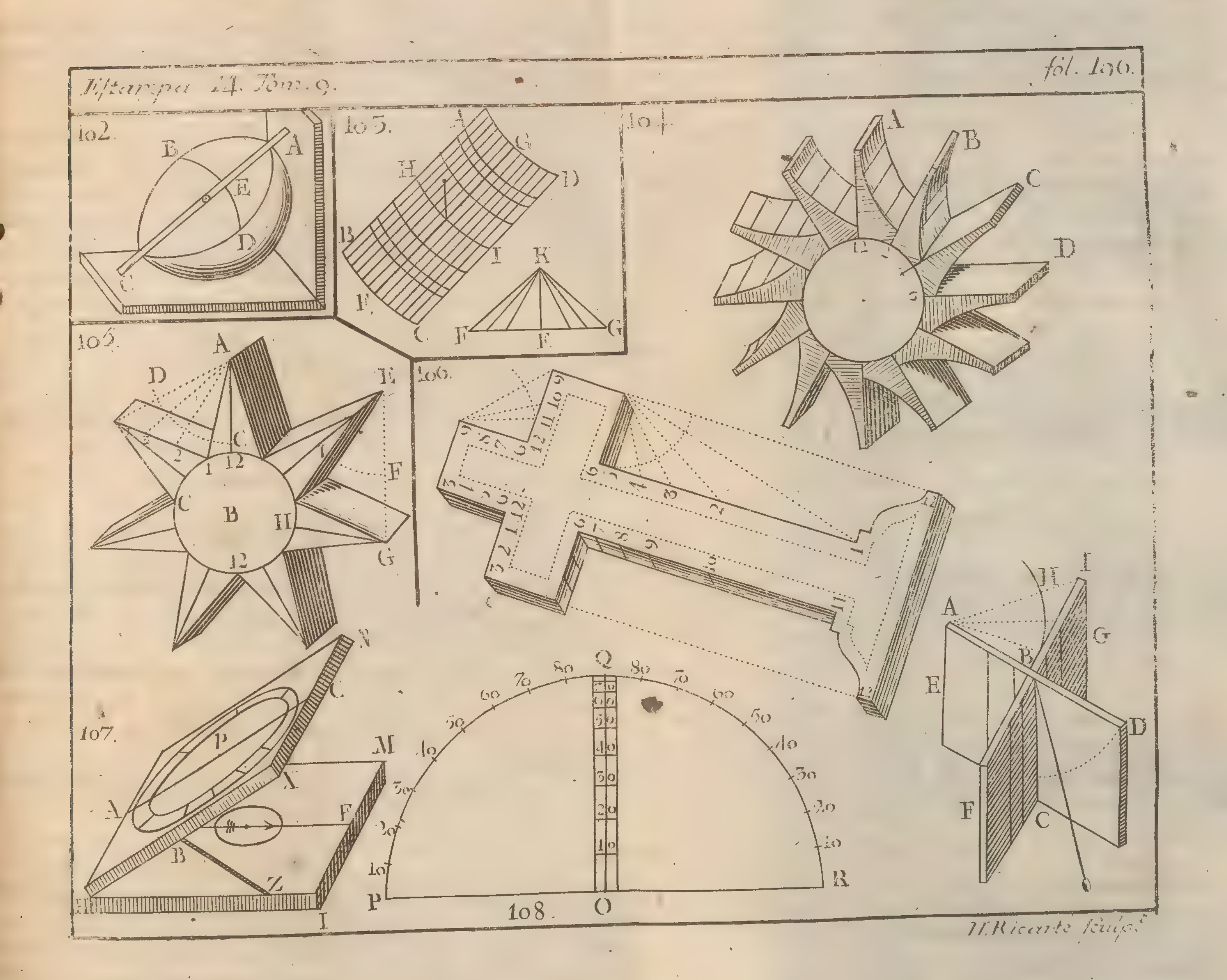
DE LA DESCRIPCION DE LOS RELOXES Solares en superficies cilíndricas, y en otras irregulares.

PROP. X. Problema.

Describir un Relox en un medio cilindro cóncavo. (*fig.* 103.)

SEa el medio cilindro cóncavo AC, en donde se ha de describir el Relox: fíxese en medio de él un Gnomon igual al semidiámetro de su basa; y por consiguiente esté su extremidad en el exe del cilindro. Descríbase por el pie del Gnomon un semicírculo HI, paralelo á la basa del cilindro, y será la Equinoccial, el qual se dividirá en 12 partes iguales, por las quales se tirarán líneas paralelas al exe del cilindro; la FG será la meridiana, y las demas serán las otras horas, á quienes se pondrán sus números en la forma acostumbrada.

Divídase la línea FG en los puntos por donde han de pasar los paralelos de los Signos, en esta forma: En un papel aparte tírese la EK igual al Gnomon, y su perpendicular FG; y del centro K descríbase un arco de círculo, en quien se notarán á una y otra parte de la EK las declinaciones de los Signos; es á saber, 11 gr. 30 min. en la primera,


Estampa 14. Tom. 9.
fol. 106.
102.
103.
104
105.
106.
107.
108.
H. Ricarte Esculp.

ra, 20 gr. 13 min. en la segunda, y 23 gr. 30 min. en la tercera; por las quales divisiones se tirarán del centro K líneas que cortarán la FG en sus puntos: las divisiones de la EG y EF pásense á la meridiana del Relox desde el pie del Gnomon, y por ellas se tirarán semicírculos paralelos á la Equinoccial HI, y estos serán los paralelos de los Signos.

La postura del Relox ha de ser sobre la meridiana, dándole elevacion igual á la altura de polo de suerte, que el exe del cilindro sea paralelo al exe del mundo. El fundamento de este Relox consta bastantemente de lo que en diferentes partes se ha dicho.

Tambien se puede hacer este Relox de modo, que no haya menester mas Gnomon, que las orillas AB y DC; porque esta señalará las horas por la mañana, y aquella por la tarde; solo que la Equinoccial HI en este caso se ha de dividir en solas 6 partes iguales, y las mismas líneas servirán para las horas de la mañana y para las de la tarde. La razon es, porque los ángulos formados en el centro, son duplos de los que se forman en la periferia del mismo segmento; (20 3 Eucl.) y como las líneas AB y CD estén en la periferia, sus ángulos son la mitad de los que forma el Sol en el centro ó exe del cilindro en cada hora; y por consiguiente, se han de duplicar aquellos para que sean iguales á estos.

PROP. XI. Problema.

Construir la rueda plano-cilíndrica con diferentes Reloxes. (fig. 104.)

Fórmese una rueda con los 12 radios que expresa la figura; cada uno es por una parte plano, y por la otra es un quadrante de cilindro: su postura ha de ser tal, que su exe sea paralelo al del mundo; y por consiguiente, tambien lo serán las líneas A, B, C, &c. cada una de las quales es el exe del quadrante cilíndrico que tiene á su lado, y servirá de Gnomon para señalar en él las horas que se describirán en cada quadrante, dividiéndole en 6 partes iguales, y tirando por las divisiones líneas pa-

ra-

ralelas á dichos exes, con que á un mismo tiempo se tendrán diferentes Reloxes. Para colocar los números de las horas en cada uno, se ha de advertir, que en el radio que viene del exe A se han de describir las 12, en el siguiente las 2, en el otro las 4, y en las líneas de las horas que hay en cada quadrante, se irán continuando por su órden desde la que hay baxo del radio: como porque en el radio A se hallan las 12, en la primer raya inferior del quadrante inmediato se escribirá la 1, en la otra 2, &c. y porque el radio B tiene debaxo las dos, en la primera raya del quadrante se escribirán las 3, en la siguiente 4, y así de las demas. Todo lo qual tiene el mismo fundamento que la descripcion de la proposicion antecedente.

PROP. XII. Problema.

Describir un Relox en un cilindro entero, cuyo exe esté paralelo al exe del mundo.

Este Relox se puede describir ó en la superficie convexâ del cilindro, ó en la cóncava. 1. En la convexâ se describirá fácilmente solo con dividir su basa en 24 partes iguales, y tirando por las divisiones líneas paralelas al exe, que serán las de las horas, de las quales la superior de en medio será la de las 6, y las demas las que se siguen por su órden, y el linde de la iluminacion señalará las horas: mas porque dicho linde por la penumbra no es del todo preciso, se podrá añadir un anillo que ciña el cilindro, y poniendo en él una flor ó pínula, se rodará el anillo hasta que la pínula no haga sombra; y aquel punto donde entónces se hallare, será la hora precisa.

2 Si se describe el Relox en la superficie cóncava del cilindro, se dividirá la basa del cilindro en 12 partes iguales, por ser los ángulos formados en el centro duplos de los que se forman en la periferia: de las divisiones se tirarán en la parte cóncava líneas paralelas al exe, y quedará formado el Relox; en el qual la línea de las 12 es la de en medio ó mas inferior; y en derechura de ella, en la parte opuesta del cilindro, se hará un agujero, y el rayo del Sol que por él entrare señalará las horas.

PROP.

PROP. XIII. Problema.

Describir un Relox en los rayos de una Estrella. (*fig.* 105. *y* 106.)

Operacion. Fórmese una Estrella de buena madera ó alaton, como se vé en la figura, ú de otra suerte, segun pareciere. Escójase la línea AB para meridiana, y de su punto A, extremidad del rayo, descríbase con qualquier abertura el quadrante CD, que se dividirá en 6 partes iguales; y tirando del centro A por las divisiones líneas ocultas, quedará dividido el rayo D siguiente en unos puntos, por los quales se tirarán líneas paralelas al exe sobre el lado del mismo rayo, que serán las horas: lo mismo se hará á la otra parte del rayo A, y quedarán tiradas las horas en el rayo E, cuyos caractéres se pondrán por su órden en dichas líneas, empezando de la línea de las 12. De la misma suerte se procederá en los demas rayos, empezando siempre la division de la línea paralela á la A12, tirada de la extremidad del rayo, la qual será allí tambien la meridiana: como para tirar las horas en el rayo G, se tirará de la extremidad del rayo E la EG paralela á la A12, y será la meridiana; y describiendo el quadrante FI, se dividirá en 6 partes iguales, y se dividirá el rayo G, como ántes se dixo, en los puntos horarios, por los quales se tirarán las líneas de las horas paralelas al exe de la Estrella, y se les pondrán sus números, empezando de la línea EG de las 12. Con este mismo artificio se fabricarán semejantes Reloxes en los brazos de una Cruz, ó en otros cuerpos semejantes, como se vé executado en la *fig.* 106. La postura de este Relox ha de ser de suerte, que el plano de la Estrella sea paralelo al de la Equinoccial. Otros muchos Reloxes se pueden delinear en varias superficies, cuya descripcion se puede fácilmente discurrir de las sobredichas.

Todos los Reloxes explicados en este libro se pueden hacer portátiles con solo añadirles la Brúxula Magnética, como se podrá colegir de lo que dirémos en el libro siguiente.

LIBRO V.

DE LOS RELOXES PORTÁTILES.

REloxes portátiles, son aquellos que no tienen su situacion fixa en un lugar, si que se pueden llevar á qualquiera parte, donde señalan las horas siempre que se expusieren al Sol. Hay de ellos gran variedad: unos son universales, y por consiguiente pueden servir en qualquiera region y altura de polo; otros particulares, que solo son de provecho en una altura determinada. Unos necesitan de Brúxula Magnética para su debida colocacion; otros no la han menester. En la distribucion de este libro seguiré la primer diferencia; y así le dividiré en tres capítulos: en el primero explicaré los Reloxes portátiles universales; en el segundo los particulares; y añadiré en el tercero los que sirven de noche, y señalan sus horas, ó por la Luna ó por las Estrellas.

CAPITULO I.

DE LOS RELOXES PORTÁTILES universales.

PROP. I. Problema.

Hacer el Relox Equinoccial universal. (*fig.* 107.)

O*Peracion.* Prepárense dos tablillas HM, HN iguales, de forma, que se puedan abrir y cerrar en la forma ordinaria que se expresa en la figura. Por medio de ellas tírense las líneas APC, AF, que salgan del mismo punto A. Descríbase en la tablilla superior el Relox Equinoccial en una y otra superficie, y colóquese en la tablilla inferior la brúxula sobre un punto de la línea AF,

y

y quedará concluido el Relox ; el qual señalará las horas, ajustando la brúxula sobre la AF , y elevando la tablilla HN á igual altura á la que tuviere la Equinoccial. Para darle esta elevacion se hará lo siguiente.

Tírese aparte la línea PR , y con la abertura OP igual al lado HI de la tablilla , hágase un semicírculo PQR dividido en sus dos quadrantes con la QO. Divídase la circunferencia en 180 grados , ó en 18 ó en 36 , como pareciere: tírense líneas de cada punto de la una parte á su correlativo igualmente distante del punto Q , las quales cortarán el radio OQ en puntos , que se trasladarán al lado HI de la tablilla inferior , y quedará dicho lado dividido en los grados competentes á diferentes alturas de polo. En el punto B , que divide el lado HX por medio , colóquese la varilla BZ igual á BX mitad de dicho lado , de suerte que pueda moverse libremente en el punto B. Con esto , colocando la extremidad Z de la varilla en el grado de la altura de polo , quedará elevada la tablilla HN segun la altura de la Equinoccial , y segun es menester, para que el Gnomon que atraviesa por P perpendicularmente la tablilla , señale las horas.

PROP. II. Problema.

Hacer el Relox polar universal.

Operacion. Dispónganse las dos tablillas como en la proposicion antecedente. Descríbase á una y otra parte de la superior el Relox polar , y hágase la division del lado de la tablilla inferior de la misma suerte ; solo que los números de las alturas de polo se han de empezar á poner al reves desde el punto I hácia H : (*fig.* 107.) esto es , en el punto donde allí habia 80 se pondrán 10 , en el siguiente 20 , &c. Con lo qual , puesta la extremidad de la varilla en el punto que lleva el número de los grados competentes á la altura de polo , quedará elevada la tablilla segun dicha altura , y por consiguiente colocada en el plano del círculo de la hora 6 , segun requiere el Relox polar.

PROP. III. Problema.

Describir el Relox meridiano universal.

Operacion. Descríbase el Relox meridiano en una tablilla á entrambas partes, en la una el oriental y en la otra el occidental, tirando la Equinoccial paralela al lado mayor de la tablilla como en el polar. Del pie del Gnomon, que es el corte de la hora 6 con la Equinoccial, descríbase un quadrante de círculo dividido en 90 grad. de cuyo centro ha de pender un hilo con su plomo. Para usar del Relox se colocará la tablilla perpendicular sobre su lado mayor, que se procurará ajustar á lo largo sobre una brúxula, para que esté en el plano del meridiano: hecho esto, se levantará por un cabo de dicho lado la tablilla, hasta que el plomo cayga sobre el grado de la altura de polo, y entónces señalará el Gnomon la hora. Si en dicho Relox se describieren los paralelos de los Signos de 10 en 10 grados, no será menester la brúxula; si que habiendo elevado la tablilla al grado de la altura de polo en la forma dicha, se irá volviendo hácia el Sol, hasta que la extremidad de la sombra cayga en el paralelo en que anda el Sol aquel dia, y entónces la misma extremidad de la sombra señalará la hora.

PROP. IV. Problema.

Describir un Relox universal, compuesto del polar y meridiano. (*fig.* 108. *y* 109.)

Modo 1. Dispónganse dos tablas, que se crucen formando ángulos rectos, como se vé en la *fig.* 108. y la una representará el plano del Meridiano, y la otra el del círculo de la hora 6, y por consiguiente, así su comun seccion BC, como las orillas E, F, D, G, han de ser paralelas al exe del mundo, lo qual se conseguirá en la forma que despues dirémos. En estas tablas se describe fácilmente el Relox polar y meridiano, que substancialmente son una

una misma cosa. Hecho centro en A, descríbase un arco de 45 grados, que se dividirá en 3 partes iguales; y tirando desde A por las divisiones líneas ocultas, darán en la BI los puntos horarios, por los quales se tirarán paralelas á la comun seccion BC, que serán las líneas de las horas. Los intervalos de la BI se trasladarán á las otras partes de las tablas; y tirando por ellos como ántes las líneas de las horas, quedará concluida la descripcion, á quien se añadirán los paralelos de los signos de 10 en 10 grados, como se dixo en la *prop.* 5, *lib.* 3. Toda la orilla AE de la tabla servirá de Gnomon para la FG; y la orilla IG para la ED; y así de los demas: pero convendrá se dividan por medio en los puntos E, F, G, y allí se ponga un señal para Gnomon determinado que señale los paralelos de los signos.

Para usar de este Relox, se hará centro en el punto B, y con qualquiera intervalo se describirá un quadrante CD, dividido en 90 grados, empezándoles á contar desde D hácia C, y en B se suspenderá un hilo con su plomo: con esto se dispondrá el Relox en su debida postura para que señale las horas en esta forma: La tabla AC se tendrá siempre vertical; pero levantando la del punto A, hasta que el plomo corte en el quadrante DC el grado de la altura de polo. Hecho esto, se irá volviendo el Relox hácia Levante ó Poniente, hasta que la sombra del Gnomon determinado toque al paralelo en que anda en aquel dia el Sol, y entónces la misma sombra señalará la hora. Este Relox es de mucha utilidad, por tener las horas recogidas, lo que no tiene el de la proposicion pasada, en quien las 11 caen muy distantes, y las 12 faltan del todo, y tambien aquí.

Modo 2. Dispónganse dos tablas ó cartones, de forma que puedan abrirse y cerrarse á manera de libro; y en un papel aparte descríbase el ángulo recto ABD, (*fig.* 109.) cuyas líneas BA, BD sean iguales á los lados de las sobredichas tablas: córtense iguales BA, BD, y tíresele AD, que se dividirá por medio en O: de este punto O tírense las OX, OZ perpendiculares á los lados, y serán la magnitud de los Gnomones; y X y Z serán sus pies. Descríbase del punto O como centro un quadrante, que se dividirá en

6

6 partes iguales; y tirando radios del punto O, darán en los lados XB, ZB los puntos de las horas, como se vé en la figura que representa el Relox por perfil ó como puesto de lado.

Esto supuesto, las dos tablas del Relox sean CDE, CAE abiertas de forma, que hagan una superficie plana: tírese por medio de ellas la recta DA, que sea perpendicular á la juntura comun CE de las tablas, y será la Equinoccial: háganse aquí las BZ, BX iguales á las BZ, BX del triángulo antecedente; y por los puntos Z y X tírense unas perpendiculares, que serán las líneas de las 6 y de las 12. Las divisiones que hay entre Z y B del triángulo, pásense al Relox desde el punto B á una y otra parte, poniendo tambien de Z á P las mismas que hay de Z hácia la línea EC, y quedarán hechas las dos partes del Relox polar ó lateral, ajustadas á la magnitud de los Gnomónes OZ, OX, cuyo lugar ó pie estará en Z y X: descríbanse asimismo los paralelos de los signos, (5 *lib.* 3) y háganse las DB, BA iguales á las BD, BA del triángulo prévio arriba dicho.

Finalmente, de qualquiera punto de la BD, como de P, se describirá un semicírculo oculto, que se dividirá en sus grados ordinarios; y tirando rectas ocultas de su centro á los lados, quedarán señalados en ellos los grados de las alturas de polo. En el punto P se pondrá un hilo con su plomo; y en los puntos A y D se colocará un otro hilo, cuya longitud sea igual á la AD del triángulo prévio, en cuyo medio O se pondrá un granito: este hilo ha de quedar ajustado de manera, que no permita se abran la tablas del Relox mas que hasta formar ángulo recto.

El modo de usar de este Relox es el siguiente: Puesto el granito en medio del hilo, se abrirán las tablas hasta que formen ángulo recto, ó quede bien tirante el sobredicho hilo: luego se irá volviendo el Relox hasta que el plomo que pende de P señale altura de polo en el lado; esto es, en el lado C si es mañana, ó en E si es por la tarde; y juntamente volviendo el Relox, hasta que la sombra del granito cayga sobre el paralelo en que se halla el Sol; y entónces esta misma sombra señalará la hora.

PROP.

PROP. V. Problema.

Describir el Relox horizontal universal. (*fig.* 110.)

Para que el Relox horizontal se haga universal, y pueda servir en diferentes regiones, son menester dos cosas. La primera, disponer las líneas horarias con otra disposicion distinta de la ordinaria; y la segunda, adaptar el Gnomon ó hipotenusa á diferentes alturas de polo.

1 Las líneas horarias se dispondrán de esta suerte: Háganse en un papel aparte diferentes Reloxes horizontales para diferentes alturas de polo; como uno para la de 10 grad. otro para la de 20, segun pareciere: despues en una tablilla de madera, ó lámina de alaton, plata, &c. descríbanse tantos círculos concéntricos, como Reloxes se delinearon, asignándoles uno para la altura de 10 gr. otro para la de 20, &c. Descríbase asimismo del polo de cada Relox un círculo igual al que se destinó en la plancha para su altura; esto es, en el Relox hecho en el papel para altura de 30 gr. descríbase un círculo igual al que en la plancha se destinó para dicha altura, y así en los demas. Hecho esto, se irán trasladando las divisiones horarias de cada círculo hecho en el papel á su correspondiente en la plancha; y los puntos de todos, que pertenecen á una misma hora, se unirán, llevando por ellos una línea curva, como se vé en la figura, y quedará hecha la delineacion del Relox.

2 Para que el Gnomon é hipotenusa se pueda adaptar á diferentes alturas de polo, la tablilla que sirve para cubrir el Relox, se levantará perpendicular al plano del Relox, y desde la meridiana la línea ED igual al Gnomon del círculo ó Relox mayor, y supongamos sea DC igual á la distancia que hay del punto D al polo del Relox, y hecho centro en C descríbase un quadrante de círculo, que se dividirá en sus grados; y tirando de C líneas ocultas por las divisiones, se tendrán en el Gnomon DE los puntos 10, 20, &c. que determinan el Gnomon para diferentes alturas; de suerte, que si uno se halla en altura de 40 grados, con solo extender el hilo que sale del polo del Relox, á los

40 gra-

40 grados notados en el Gnomon, señalará dicho hilo las horas en el círculo destinado para los 40 grados de altura, y así de lo demas. Otros disponen el Gnomon ó hipotenusa, como se vé en AB, de modo, que en la circunferencia AM estén los grados de las alturas de polo, y se pueda levantar ó baxar á la altura que se quisiere, moviéndose libremente sobre el punto B; todo lo qual, como cosa tan fácil y ordinaria, no necesita de mas explicacion.

PROP. VI. Problema.

Fabricar el Anulo Astronómico, y describir en él un Relox universal. (*fig.* 111.)

Este Relox es el mejor y mas cierto de todos los portátiles: su fábrica y delineacion es en esta forma. Háganse dos círculos ABCD, BEDF, de suerte, que el menor pueda ajustarse perfectamente en lo cóncavo del mayor, y esté unido con él en los puntos B y D de modo, que pueda moverse sobre ellos, hasta que entrambos se corten en ángulos rectos: su materia podrá ser de alaton, plata, madera ú otra semejante: el mayor de estos círculos representará al Meridiano; y el menor la Equinoccial. Divídase el mayor en 360 gr. escribiendo los números segun están en la figura; y el menor se dividirá en 24 partes iguales, que serán las horas, colocando las 12 en el punto D, y las demas como en la figura. En los puntos A y C, que son los polos de la Equinoccial, se adaptará una lámina de competente amplitud, que pase de A hasta C, y de modo que pueda revolverse sobre dichos puntos; esta tendrá á lo largo la abertura IO, y en medio de ella se ajustará otra lámina pequeña, que pueda correr por la otra, y tenga en medio un agujero pequeño: en la lámina IO se han de delinear los paralelos de los signos en la forma siguiente.

Tírese aparte la línea GH igual al semidiámetro del círculo menor ó Equinoccial BEDF, á quien se tirará la perpendicular GK larga á discrecion; y hecho centro en H, se hará un arco de círculo, y se contarán en él á una y otra parte del punto G 23 gr. 30 min. y 20 gr. 13 min.

y

y 11 gr. 30 min. y tirando por estas divisiones, y por el centro H rectas ocultas, se tendrán en la GK los puntos de los signos, que se trasladarán á la lámina IO, empezando del medio de ella, en donde se ponen Aries y Libra, y despues los demas en la forma acostumbrada.

El uso del Relox es como se sigue: Suspéndase libremente todo el instrumento de aquel punto del Meridiano, en quien está el grado de la altura de polo: pásese la pequeña lámina, que lleva el agujero, al punto del signo en que anda el Sol aquel dia, y puesta la Equinoccial á ángulos rectos con el Meridiano, váyase volviendo el Relox hácia el Sol, hasta que su rayo pasando por el agujero cayga en la Equinoccial, y entónces señalará en ella la hora.

El fundamento de este Relox consiste en representar la esfera celeste, y adaptarse sus círculos á los del Cielo: suponiendo pues ser así el exe de este Relox, como su centro, lo mismo sensiblemente que los del mundo, tanto se apartará la sombra de su centro de la parte opuesta de la Equinoccial, quanta fuere la declinacion del Sol; y por consiguiente, colocando el agujero en el exe tan apartado del centro, quanta es dicha declinacion del Sol, se reducirá el rayo de luz á caer en la Equinoccial, y será legítima la postura del Relox: luego su exe señalará puntualmente la hora, como en los demas Reloxes.

PROP. VII. Problema.

Describir el Relox universal rectilíneo. (fig. 112.)

Operacion. Prepárese una lámina ó tabla paralelógrama, como se vé en la figura: tírense en ella las rectas AB y CD, que se corten perpendicularmente en el punto E: desde E descríbase un círculo, cuya magnitud se ajuste á lo ancho que se le quiere dar al Relox: divídase dicho círculo en 24 partes iguales, empezando de los puntos en que le cortan las líneas AB y CD: tírense por las divisiones líneas paralelas á la CD, y estas serán las horarias; esto es, la de enmedio será la de las 6, y las demas por su órden á una y otra parte hasta las tangentes, que entrambas son de las 12.

Des-

Desde el punto E se ha de describir el Zodíaco radioso EFH, describiendo del centro E el arco KCL, y contando desde C á una y otra parte las declinaciones de los Signos; como en otras ocasiones; esto es, de C hácia L las de los boreales, y de C hácia K las de los australes; y se tirarán del centro E líneas rectas á las sobredichas divisiones. A mas de esto, se ha de describir en este Zodíaco la escala de las alturas de Polo en esta forma:

Desde E, como centro, descríbase con qualquier intervalo el semicírculo AB, que con la CD quedará cortado en dos quadrantes, que se dividirán cada uno en 90 grados, á quienes se tirarán del centro E rectas ocultas, que cortarán las FG y HI en ciertos puntos, y de cada uno á su correspondiente se tirarán líneas, que serán paralelas á la AB, y se terminarán dentro del Zodíaco radioso, y formarán la escala de las alturas de Polo. *Exemplo.* Desde E se tira una recta oculta EM al grado 45 que corta á la FG en M: por M, dentro del Zodíaco, tírese una recta paralela á AB, y esta pertenecerá á la altura de Polo 45 grad. los que se escribirán allí; y así en las demas, como se vé en la figura.

A mas de esto, se ha de hacer en la FG la escala de los signos, suponiendo ser AB la Equinoccial, y pasando á la FG desde el punto en que es cortada por la AB, las divisiones en que los radios de los signos cortan la línea 45 45, y quedará formada la escala, donde se pondrán los caractéres, como lo manifiesta la figura.

Para dar á las líneas de las horas la longitud que precisamente les toca, se tomará con el compas la distancia que hay desde E al punto 45 en que qualquiera de los Trópicos corta á la línea 45 45, y se pasará desde E hasta D. Póngase el pie del compas en el punto en que la Equinoccial corta á la línea 45 45, y hágase un arco que pase por el punto D y otro por el punto E, y en estos arcos se terminarán las líneas de las horas, quitado lo demas como superfluo. Tambien desde M, como centro, se describe un quadrante, cuyos grados se señalan solamente en los márgenes GI, I90: luego se formará un brachiolo, como se vé en CC, con sus tres artículos movibles, de los qua-

quales el primero se fixará en la línea EC en el punto O, de suerte que pueda moverse, y á la extremidad del brachiolo se suspenderá un hilo con su plomo, y un granito que pueda correr por él, con lo qual quedará concluido el Relox, cuyo uso es el siguiente.

1 Para conocer la hora se ajustará la extremidad del brachiolo al punto en que la línea del signo en que estuviere el Sol, corta á la de la altura de Polo, y extendiendo el hilo, se llevará el granito hasta colocarle en la escala de los signos en la FG, sobre el que entónces posée el Sol: hecho esto, vuélvase el Relox hácia el Sol, hasta que su rayo pase por las dos pínulas que se vén sobre la FH, y dexando pendiente el perpendículo, señalará el granito la hora verdadera.

2 Se hallará en qué hora sale y se pone el Sol en qualquiera dia del año, si habiendo dispuesto el brachiolo en la forma referida, se dexa caer el hilo, de forma que sea paralelo á las líneas h r .rias; porque este señalará la hora que se desea saber.

3 Se sabrá en qualquiera tiempo la altura del Sol, ajustando la extremidad del brachiolo al punto M, y volviendo el lado FG hácia el Sol, hasta que su rayo pase por las pínulas de arriba; porque con esto caerá el hilo, señalando en el márgen GI90 el grado de dicha altura.

Suelen los Autores omitir la demonstracion de este Relox, por ser muy difícil: tráela el P. Dechales en el libro 6 de su *Gnomónica*, desde la *prop.* 23, donde la podrá ver el curioso.

CAPITULO II.

DE LOS RELOXES PORTÁTILES particulares.

Este género de Reloxes se fabrican regularmente por las alturas del Sol, por lo qual será conveniente poner en primer lugar las tablas de estas alturas determinadas para algunas alturas de Polo, juntamente con las reglas para suputarlas, para que por ellas se describan con facilidad estos Reloxes.

PROP.

PROP. VIII. Problema.

Fábrica de las tablas de las alturas del Sol en qualquiera hora en los principios de los signos. (*fig.* 113.)

Fabrícanse exâctamente estas tablas, hallando las alturas que tiene el Sol sobre el Horizonte en cada hora quando está en los principios de los signos: supónese para esto sabida la altura de Polo, la declinacion del Sol en dichos principios, segun la tabla de la *prop.* 11, *lib.* 2, y la hora del dia; y con estos datos se hallará por Trigonometría la altura del Sol.

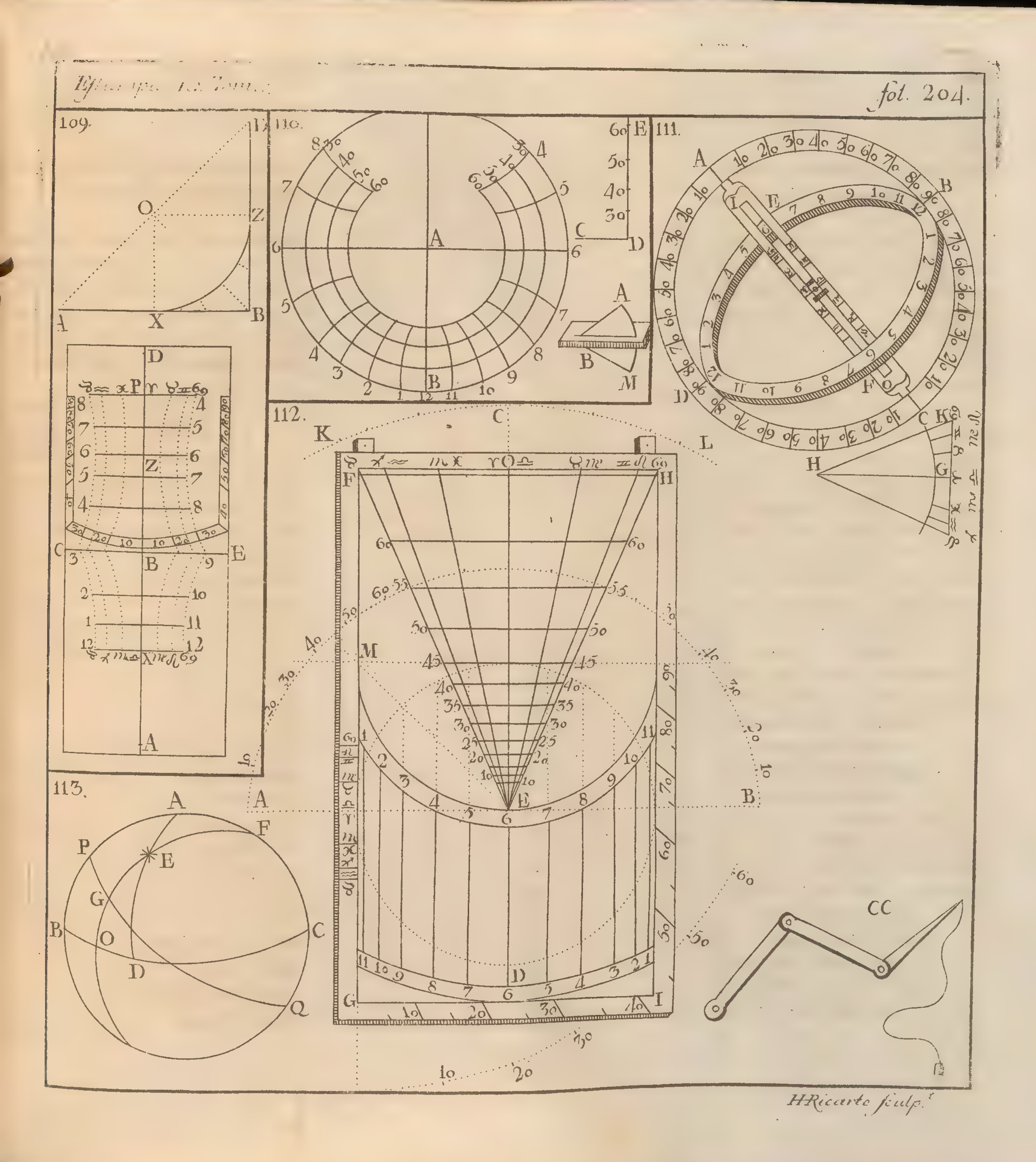
Sea pues el Meridiano BAC, en la qual es CF la altura de Polo; AED el vertical en que se halla el Sol; PQ la Equinoccial; y FEO el círculo horario en que se halla el Sol al mismo tiempo: con que sabida la hora, se sabe en el triángulo EAF el ángulo AFE, que mide la distancia del Sol al Meridiano: esto supuesto, en el triángulo AFE se conoce AF complemento de la altura de Polo; EF complemento de la declinacion ó distancia del Sol al Polo; y el ángulo AFE distancia del mismo Sol al Meridiano: luego se hallará la altura del Sol DE por las dos analogías siguientes, segun la *prop.* 15, *lib.* 6 de mi *Trigonometría*; advirtiendo, que el perpendículo cae del punto A ó Zenit sobre el círculo horario FO en que se halla el Sol.

1. *Como el seno total,*
á la tangente 2 de la altura de Polo;
así el seno 2 de la distancia del Sol al Meridiano,
á la tangente del primer arco.

Este primer arco hallado, se restará de la distancia del Sol al Polo, desde las 6 de la mañana, hasta las 6 de la tarde; pero de las 6 de la tarde á las 6 de la mañana se sumará, y con esto resultará un segundo arco, y se hará la siguiente analogía.

2. *Como al seno 2 del primer arco,*
al seno 2 del segundo arco;
así el seno de la altura de Polo,
al seno de la altura del Sol.

Para


fol. 204.
109.
110.
111.
112.
113.
CC
H.Ricarte sculp.

Para hallar la altura del Sol en la hora 6, se formará solamente esta analogía.

Como el seno total,
al seno de la declinacion del Sol;
Así el seno de la altura de Polo,
al seno de la altura del Sol.

Para hallar la altura del Sol en qualquiera hora quando está en la Equinoccial, se formará esta única analogía.

Como el seno total,
al seno 2 de la altura de Polo;
Así el seno 2 de la distancia del Sol al Merid.
al seno de la altura del Sol.

Polo 36.

		12	1 11	2 10	3 9	4 8	5 7	6 6	7 5
	Cancer.	77 30	72 0	61 3	49 22	37 14	25 14	13 33	2 26
Gemin.	Leon.	74 12	69 28	59 10	47 42	35 37	43 32	15 42	0 2
Tauro.	Virgo.	65 30	62 1	53 19	43 53	30 53	18 50	6 43	
Aries.	Libra.	54 0	51 24	44 28	34 53	3 51	12 5	0 0	
Piscis.	Escorp.	42 30	40 26	32 2	26 18	16 2	5 3		
Aquar.	Sagit.	33 48	32 4	26 58	19 29	10 11	0 23		
Capric.		30 30	28 50	24 2	16 52	6 16			

Po-

Polo 38.

		12		1	11	2	10	3	9	4	8	5	7	6	6	7	5
	Cancer.	75	30	70	39	60	35	49	19	37	20	25	38	14	13	3	21
Gemin.	Leon.	72	12	67	57	58	36	47	21	35	37	23	50	12	9	1	12
Tauro.	Virgo.	63	12	60	18	52	18	42	0	30	35	18	50	5	36		
Aries.	Libra.	52	0	49	35	43	6	33	52	23	12	11	46	0	0		
Piscis.	Escorp.	40	30	38	33	33	5	25	1	15	16	4	23				
Aquar.	Sagitar.	31	48	30	8	25	19	18	4	8	58	1	6				
Capric.		28	30	26	55	22	21	15	23	6	39						

Po-

Polo 40.

		12		1	11	2	10	3	9	4	8	5	7	6	6	7	5
	Cancer.	73	30	69	12	59	51	48	55	37	24	26	0	14	50	4	16
Gemin.	Leon.	70	12	66	24	57	36	46	58	35	32	24	5	12	94	2	3
Tauro.	Virgo.	61	30	58	34	51	5	41	16	30	12	18	49	8	0		
Aries.	Libra	50	0	47	43	41	33	32	49	22	31	11	26	0	0		
Piscis.	Escorp.	38	30	36	40	31	27	23	47	14	18	3	48				
Aquar.	Sagitar.	29	48	28	11	23	38	16	41	8	39	2	3				
Capric.		26	30	24	58	20	36	13	57	5	26						

Po-

Polo 42.

		12		1	11	2	10	3	9	4	8	5	7	6	6	7	5
	Cancer.	71	30	67	41	58	59	48	29	37	25	26	18	15	28	5	11
Gemin.	Leon.	68	12	64	47	56	37	44	25	35	27	24	19	13	22	2	5
Tauro.	Virgo.	59	30	56	48	49	49	40	25	29	50	18	47	7	40		
Aries.	Libra.	48	0	45	52	40	4	31	42	21	49	11	5				
Piscis.	Escorp.	36	30	34	45	29	49	22	26	13	20	3	9				
Aquar.	Sagit.	27	48	26	14	21	52	15	10	6	44						
Capric.		24	30	23	3	18	52	12	25	4	14						

Polo 44.

		12		1	11	2	10	3	9	4	8	5	7	6	6	7	5
	Cancer.	69	30	66	5	58	2	48	2	37	22	26	36	16	5	6	6
Gemin.	Leon.	66	12	63	7	55	32	45	50	35	16	24	30	13	53	3	44
Tauro.	Virgo.	57	30	55	1	48	30	39	34	29	24	18	43	8	7		
Aries.	Libra.	46	0	44	1	38	31	30	34	21	5	10	44	0	0		
Piscis.	Escorp.	34	30	32	51	28	10	21	6	12	21	2	31				
Aquar.	Sagitar.	35	48	24	21	20	10	17	44	5	36						
Capric.		22	30	21	7	17	7	10	55	3	2						

PROP. IX. Problema.

Modo 1. de describir un Relox portátil en un quadrante. (*fig.* 114.)

Operacion. En una tabla ó lámina descríbase el quadrante ABC dividido en 90 grados ; y para que el Relox salga desahogado se tomará en el lado AB la EB, que sea dos tercios suyos : divídase la EB por medio, y con su mitad descríbase sobre ella misma, como diámetro, un círculo oculto, que se dividirá en 12 partes iguales, y juntando cada dos puntos igualmente distantes de la EB de una y otra parte con líneas que serán perpendiculares á dicha EB, quedará esta dividida en unos puntos, por los quales se describirán del centro A unos arcos, que serán los paralelos de los signos á quienes se pondrán sus caractéres, como se vé en la figura, ó en lugar suyo se pondrán los nombres de los meses, segun mejor pareciere.

Para describir las líneas de las horas se recurrirá á las tablas de las alturas del Sol, y puesto un hilo en el centro A, se extenderá por las sobredichas alturas tomadas en la periferia BC en esta forma : tómese la altura del Sol á las 12 horas quando está en Cáncer, y contándola en dicha periferia desde B, se extenderá el hilo sobre su punto terminante, y se señalará el punto en que el hilo cortare al paralelo de Cáncer : luego se tomará la altura del Sol á las 12 quando está en Aries ó Libra, y se señalará el punto en el círculo de dichos signos; y asimismo se tomará la altura de las 12 en Capricorno, y se señalará en su círculo: por estos tres puntos se describirá un arco, y este será la línea de las 12 horas. De este mismo modo se describirán las demas horas, tomando las alturas del Sol de cada una en dichos tres círculos ; y en las que en algunos de estos no alcanzaren, se tomarán las competentes á otros tres paralelos, y quedará descrito el Relox.

Su uso es el siguiente : Colocado en el centro A un hilo con su plomo, y un granito que pueda moverse por el hilo, se ajustará el grano al paralelo en que anda el Sol, y le-

vantando el quadrante de suerte, que el rayo del Sol pase por las dos pínulas M y N, que ha de haber en el lado AC, se observará el punto en que el granito toca, y aquel será la hora; cuidando que el hilo cayga á plomo rayendo la superficie del quadrante. La razon de todo esto es bien clara; porque dicho grano corre por sobre el paralelo en que aquel dia anda el Sol, en el qual están notadas sus alturas á qualquiera de las horas: y como quando se eleva el quadrante, señala el hilo la altura del Sol cayendo el granito sobre alguna de las horas, denota tener el Sol la altura competente á aquella hora: luego señala la hora verdadera.

Tambien se puede hacer este Relox describiendo del centro A los paralelos de los signos arbitrariamente distantes entre sí; porque notando en ellos las alturas del Sol á todas las horas, y tirando á tiento por los puntos notados líneas curvas, que serán las de las horas, señalará el grano de la misma suerte las alturas del Sol en dichos círculos, y por consiguiente las horas.

PROP. X. Problema.

Modo 2. de describir un Relox portátil en un quadrante. (fig. 115.)

Operacion. Descríbanse en el quadrante quatro arcos de círculo distantes entre sí, segun pareciere: de los quales el arco AB servirá para Aries y Libra; el CD para Tauro y Escorpion; el arco EF para Géminis y Sagitario; y el arco GH para Cáncer y Capricorno. Hecho esto, se notarán en AB las alturas del Sol de cada hora en Aries y Libra; en el arco GH nótense las de Cáncer y Capricorno; en EF las de Sagitario y Géminis; y en CD las de Tauro y Escorpion. De que se sigue habrá dos órdenes de horas: unas servirán desde que el Sol entra en Ariete hasta que entra en Libra; y las otras desde que entra en Libra hasta Ariete: y concurrirán entrambos órdenes en la Equinoccial AB, y se describirán de esta suerte. Júntese con una línea el punto meridiano de la Equinoccial con el punto meridiano de Tauro, Géminis y Cáncer,

cer, y se tendrá descrita la una meridiana. Júntese asimismo el propio punto meridiano de la Equinoccial con los puntos meridianos de Escorpion, Sagitario y Capricorno, y se tendrá la otra meridiana; y de la misma manera se describirán las demas horas: convendrá se distingan unas de otras con diferentes colores: las que sirven de Marzo hasta Setiembre se podrán hacer coloradas; y las otras negras. El fundamento de este Relox es el mismo que el de la proposicion antecedente, y su uso es tambien el mismo.

PROP. XI. Problema.

Modo 3. de delinear un Relox portátil en el quadrante. (*fig.* 116.)

Operacion. Divídase el lado AC en tres partes, y sea dos de ellas la BC, que ha de servir para el Relox: divídase AC por medio en D, y hecho centro en D, se describirá con el intervalo DC un círculo oculto, que se dividirá en 12 partes iguales, y con él se pondrán en la BC los puntos de los signos, como se dixo en la *prop.* 9, y poniendo el pie del compas en A, se describirán arcos de círculo por los puntos notados en la BC, que serán los paralelos de los signos. Del mismo centro A con qualquiera intervalo, como por exemplo AC, se describirá el quadrante CF, &c. por el qual se describirán las líneas de las horas como se sigue.

Cuéntese desde C hácia F las alturas meridianas del Sol en los principios de Cáncer, Aries y Capricorno; y tirando rectas ocultas del centro A por los puntos señalados, cortará la de Cáncer al Trópico BG en G; la de Aries á la Equinoccial DI en I; y la de Capricorno á su Trópico CH en H: descríbase un arco de círculo por estos tres puntos, y se habrá descrito la línea de las 12 horas. De esta misma suerte se describirán las líneas de las demas horas, tomando en el arco EF las alturas que les competen en Cáncer, Aries y Capricorno, segun las tablas arriba puestas; y describiendo arcos de círculo por los tres puntos señalados pertenecientes á la misma hora, si las sobre-

di-

dichas alturas no se hallaren en alguno de los tres Signos sobredichos, como suele suceder en las 5 de la mañana y 7 de la tarde, se tomarán en otro paralelo, como en el de Tauro y Géminis, y se obrará de la misma suerte. En el centro A se coloca un hilo con su plomo y un pequeño grano movible, y se usará del Relox en la misma forma que del descrito en la *prop.* 9.

PROP. XII. Problema.

Describir en una Tabla otro género de Relox portátil. (*fig.* 117.)

Operacion. Tírese en medio de la tabla AD la recta FE paralela al lado AB: escójase en ella el punto 12 cerca del lado BD, desde el qual punto con qualquiera distancia hágase el arco FG, en el qual se tomará FH igual á la altura de polo, y tírese la recta H12. Cuéntese desde H á una y otra parte la máxîma declinacion del Sol, que es 23 grad. y medio, que serán los arcos HI, HG. Tírese la cuerda IG, que cortará la H12 en K; y desde K, como centro, con la distancia KI se describirá un círculo oculto, que se dividirá en 12 partes iguales; y tirando rectas por cada dos puntos igualmente distantes de la recta H12, se tendrán unos puntos en el arco IHG, á los quales se tirarán rectas del punto 12, las quales dividirán la cuerda IG en los grados del Zodíaco.

Hecho esto, se delinearán las horas en esta forma: Del punto K tírese una perpendicular á la recta FE, que la cortará en E: del punto E, como centro, con la distancia E12 hágase un círculo oculto, y divídase en 24 partes iguales, comenzando del punto 12. Tírense rectas por cada dos puntos igualmente distantes de la KE, que serán paralelas á ella, y serán las horas, las quales se terminarán en esta forma: Póngase el pie del compas en G, y extendiendo el otro hasta el punto 12, hágase el arco 12P, que será el Trópico de Capricorno: hágase centro en K, y con la distancia K12 hágase el arco 12R, que será la Equinoccial: hágase asimismo centro en I, y con la distancia I12 descríbase el arco 12Q, y este será el Trópico de Cancro: de los dichos puntos G, K, I caygan perpen-

pendiculares á la EF, y estas cortarán los arcos sobredichos en los puntos P, R, Q; y por estos se describirá el arco PRQ, que será el Horizonte, y quedará descrito el Relox.

Para el uso del Relox se borrarán todas las líneas, ménos el Zodíaco GKI y el espacio 12PQ: córtese la tabla por la línea IG; y en este corte póngase un hilo con su plomo y grano movible, de tal suerte, que el hilo pueda discurrir y moverse por la línea IG con alguna dificultad: este se colocará en el grado del signo en que se halla el Sol, segun está señalado en la misma IG: luego se extenderá sobre el punto 12, y se llevará el granito hasta ajustarse sobre el mismo punto 12, y se dexará caer libremente; y levantando la tabla hasta que rayéndola el hilo, pase el rayo del Sol por las pínulas puestas en el lado AB, señalará el granito las horas.

PROP. XIII. Problema.

Describir un Relox portátil particular en un Anillo. (*fig.* 118.)

Operacion. Hágase una lámina quadrilátera de alaton ó plata ú otra materia flexíble: tírense en ellas las paralelas AB, CD, distantes entre sí, segun lo ancho que se quisiere el anillo: divídanse entrambas por medio con la recta oculta EF. De los puntos C y D con el intervalo CA ú DB háganse dos quadrantes ocultos, que se dividirán en tres partes iguales: tírense del uno al otro por las divisiones correspondientes líneas rectas, que serán paralelas á la AB. Estas líneas representarán los signos del Zodíaco; esto es, la AB, al Trópico de Cancro y Capricorno; la CD, á Aries y Libra; y las otras, á los demas signos.

Tírese aparte la línea GH igual á la AE ó BE, que se dividirá en 90 grados ó partes iguales (puédese dividir en 18 partes, y suponer sea cada una de 5 grad.) Váyase ahora á la tabla de las alturas del Sol, *prop.* 8, y búsquese en ella su altura meridiana quando está en Cáncer, y los grados que allí se hallaren tómense con el compas de la línea GH, y pásense á las líneas AB y CD de

la

la lámina desde los puntos E y F, notándoles á entrambas partes, y se tendrán los puntos I y K, L y M: tírense las líneas IL, KM, y serán las horizontales, una para el Invierno, y otra para el Verano. Tómense ahora de la línea GH los grados, que segun la Tabla tocan á la altura del Sol meridiana en el principio de Aries, y esta distancia se pasará de M hácia F, y tirando desde E al punto señalado una recta, será la línea de las 12 en la parte estival del anillo: en esta misma forma se describirán las demas horas, tomando en la GH las alturas del Sol en aquellas horas quando está en el principio de Cancro y de Ariete: pero en llegando á las 7 de la tarde y 5 de la mañana, se tomarán las alturas competentes al principio de Virgo y Tauro, y se pasarán á la lámina sobre las líneas de estos signos, contándolas desde la horizontal KM; y por el punto notado y el señalado en el Trópico de Cancro, se tirarán las líneas de las 7 y 5.

De esta misma manera se describirán las horas del Invierno, contando las alturas del Sol en el Trópico de Capricorno desde I hácia E, y las de Libra, desde L hácia F, y tirando rectas de un punto á otro su correspondiente. Concluido esto, se doblará la lámina circularmente de modo, que las líneas AC, BI se ajusten unidas; y en medio de las líneas IL y KM se harán dos agujeros, como se vé en la figura, y el uno de ellos servirá de Gnomon para los seis meses del Invierno, y el otro para los del Verano. A mas de esto, en medio de la juntura que forman las líneas AC y BD se pone un hilo para suspender el anillo, y dirigirle hácia el Sol, y dirigiéndole de suerte, que el rayo de su luz entre por el agujero competente, segun el tiempo, y cayga sobre el grado del signo que entónces ocupa, señalará puntualmente la hora.

PROP. XIV. Problema.

Delinear un Relox portátil en un cilindro. (fig. 119.)

Fabríquese un cilindro ó coluna, qual se representa en la figura, en cuya superficie se ha de describir el Relox: es-

esta descripcion se puede hacer, ó sobre la misma superficie convexâ de la coluna, ó sobre un plano paralelógramo, que despues se ajuste á la sobredicha superficie, para lo qual será preciso tenga su longitud igual á la de dicha coluna, y su latitud se determine dividiendo el diámetro de la basa de la coluna en 7 partes iguales, y dándole 22 de las mismas á la latitud sobredicha del paralelógramo, porque con esto vendrá ajustada á la circunferencia.

Divídase la circunferencia en 12 partes iguales, que servirán para los 12 signos; pero será mejor se dexe un espacio vacío para colocar allí los números de las horas: cada espacio se podrá dividir en 3 partes iguales, para que cada uno de ellos sea 10 grados; y si se pudiese dividir en partes mas menudas, será mejor: por estas divisiones tírense líneas perpendiculares, que sean paralelas al exe del cilindro. En la cubierta del cilindro XO fíxese un Gnomon OQ, que pueda ocultarse en el espigon X, para que se cierre dentro del cilindro, y pueda sacarse afuera, y ponerse perpendicular á las paralelas sobredichas para señalar las horas.

Tírese aparte la línea RP, á quien se hará perpendicular la RS igual al Gnomon OQ, y hecho centro en S, se hará una quarta de círculo, y se dividirá en 90 grad. y tirando rectas de S por las divisiones, cortarán á la RP, y quedará esta dividida en grados, como tangente que es del quadrante descrito. Tómense ahora de la Tabla de las alturas del Sol (*prop.* 8) las alturas competentes á los principios de los signos en cada hora, y con el compas se tomarán aquellos mismos grados de la línea RP, empezando desde R, y se pasarán á las perpendiculares del cilindro, correspondientes á aquellos Signos: luego se tirarán líneas curvas por todos los puntos pertenecientes á una misma hora, y se habrán descrito las líneas horarias.

Exemplo. Supongamos quiero delinear la línea de las 12. La altura que tiene el Sol á esta hora en Valencia, estando en el principio de Capricorno, es 26 grad. 56 min. segun la Tabla: tómoles con el compas de la línea RP de R hasta H, y con esta abertura, puesto el un pie
en

en A en el cilindro, señalo con el otro el punto E en Capricorno: asimismo la altura del Sol en Sagitario y Aquario es 30 grad. 14 min. tómola de RP, y pásola desde G hasta F en la línea de dichos Signos: tomo tambien la altura de las 12 horas en Píscis y Escorpion, que es 38 grad. 56 min. y tomándola de RP la traslado á la línea de dichos Signos, y así en los demas: tiro por todos los puntos señalados una línea curva, y esta será la de las 12. De este modo se describirán las demas. El uso del Relox consiste en poner el espigon X dentro del cilindro, dexando fuera el Gnomon; y volviendo la cubierta hasta que el Gnomon QO esté en la línea en que aquel dia anda el Sol, se tendrá suspenso el cilindro perpendicularmente; y volviéndole hácia el Sol, hasta que la sombra del Gnomon cayga perpendicularmente, señalará su extremidad la hora. Por quanto la sombra suele ser muy corta en el Invierno, suelen algunos poner un Gnomon para los meses del Verano, y otro mayor para los del Invierno; y en este caso las horas del Verano se describirán haciendo la division de la RP con la RS igual á su Gnomon; y las del Invierno se irán haciendo otras divisiones en la RP, poniendo en lugar de la RS otra línea mayor igual al Gnomon que ha de servir en el Invierno: en todo lo demas se obra de la misma manera.

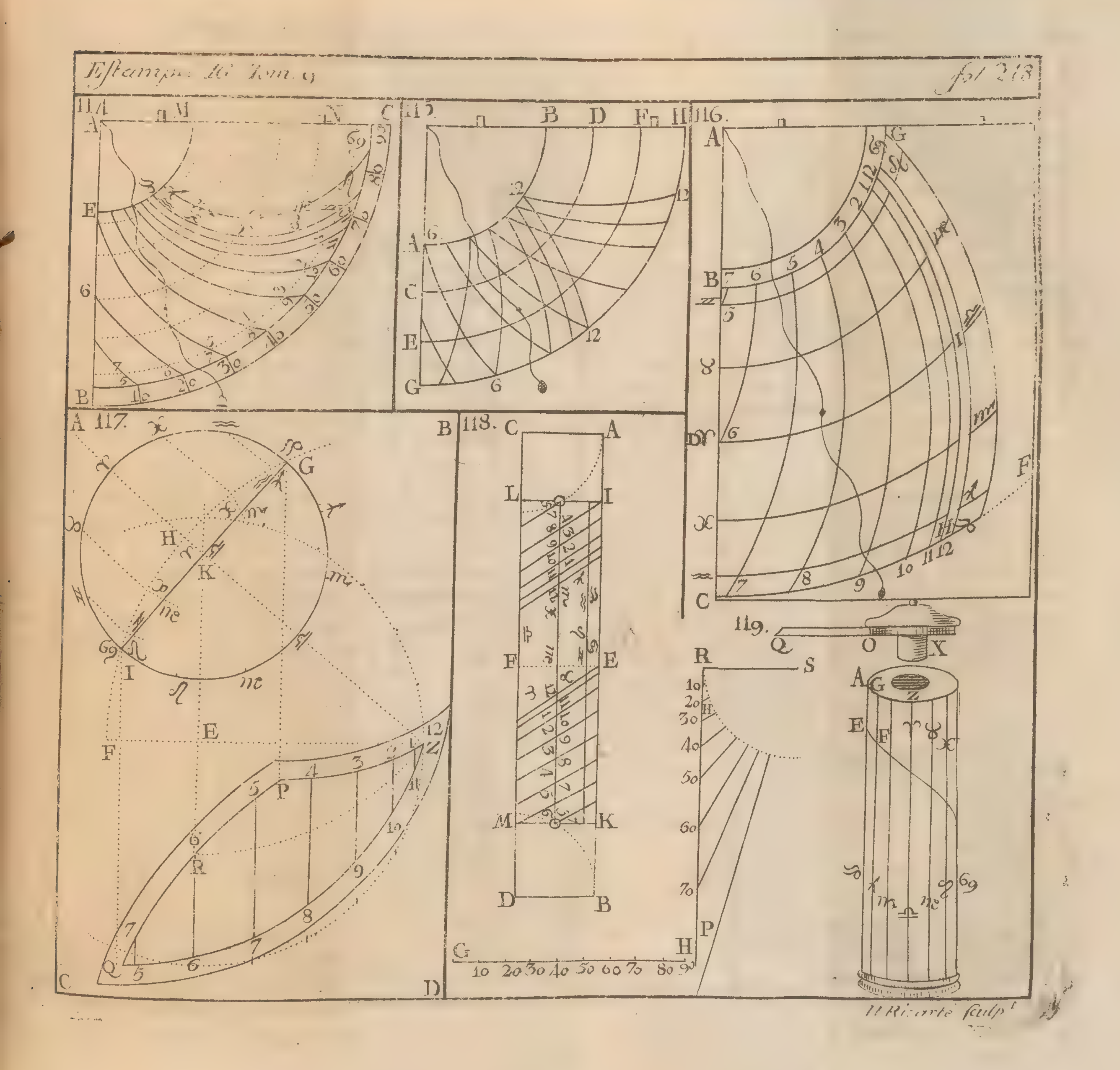
CAPITULO III.

DE LOS RELOXES NOCTURNOS PORTÁTILES.

PROP. XV. Problema.

Describir un Relox Lunar portátil. (fig. 120.)

Modo 1. Descríbase un círculo inmóvil, y divídase en 29 partes y media, en quienes se notarán los dias de la Luna; pero con órden opuesto al que suelen tener las horas. Descríbase del mismo centro otro círculo movible, dividido en 24 horas iguales, y póngasele en


Estampe 16 Tom. 9
fol 213
114.
A
M
N
C
E
6
B
115.
B
D
F
H
12
A
C
E
G
6
116.
A
G
B
5
6
7
8
9
10
11
12
H
I
F
C
117.
A
B
G
H
K
I
E
F
P
R
Z
Q
C
D
118.
C
A
L
I
F
E
M
K
D
B
G
H
10 20 30 40 50 60 70 80 90
119.
Q
O
X
R
S
P
A
G
Z
E
F
H Ricarte sculp.

en la línea de las 12 un punto ó botoncillo, de que se pueda asir para rodarle: ajustado este círculo dentro del primero, se moverá el círculo hasta colocar la línea de las 12 en correspondencia del dia que tuviere la Luna, que se ha de tomar completo, y elevando la tablilla hasta que ajuste con el plano de la Equinoccial, la sombra de la Luna que hiciere el Gnomon puesto perpendicularmente en el centro, señalará la hora solar. Consta de lo dicho en el *lib.* 4 *cap.* 1.

Modo 2. Háganse tres círculos concéntricos que comprehendan entre sí dos espacios: divídase el primero en 24 horas iguales, á quienes se pondrán sus propios números: el siguiente se dividirá en 29 partes y media, que serán los dias del mes Lunar, poniéndoles tambien sus propios números, como se vé en la figura. En medio se colocará la lámina circular L dividida en 24 partes iguales, de suerte, que pueda rodar su centro, y quedará fabricado el Relox, cuyo uso es el siguiente. Muévase el círculo L hasta colocarse el punto S, que es el de las 12 debaxo del dia de la Luna: véase qué hora señala la Luna en un Relox de Sol, que no sea de los fabricados por las alturas del Sol: búsquese esta hora en el círculo exterior, y la hora que directamente le corresponde en el círculo L, será la corriente.

Para conocer en este mismo instrumento lo que crece ó mengua la Luna, se cortará el círculo V de la lámina L; y del centro P se hará otro círculo igual á V: tírese el diámetro oculto TQ por el principio de los dias de la Luna; y con la distancia LV se harán dos semicírculos de los centros I, O, haciéndoles negros como se vé en la figura: con esto, moviendo la lámina L, y ajustándola al dia de Luna, se verá en el vacío V su aumento ó diminucion.

PROP.

PROP. XVI. Problema.

Formar un Relox, en quien se señalen las horas por las Estrellas circumpolares. (*fig.* 121.)

Este Relox es bien vulgar, y señala las horas Solares mediante la Estrella polar, y la mas luciente de la Ursa menor, que por esta causa suelen llamar *Horologial.* Hágase en una lámina un círculo ABCD, que se dividirá en 12 partes iguales, que aunque con ménos propiedad representarán los 12 signos, y cada uno se dividirá en 30 grados, y su órden ha de ser de A hácia B. En el grado 13 de Escorpion póngase un índice, como se vé en la figura. Hágase otro círculo interior, que se dividirá en las 24 horas, que procederán con el órden sobredicho, como se vé allí mismo, poniendo tambien en la hora 12 otro índice como el sobredicho. Este círculo ha de poder rodar sobre su centro. Hágase en este centro un agujero proporcionado para que por él se pueda mirar la Estrella Polar ó Norte; y poniendo en él un hilo con su plomo, quedará concluido el instrumento. La razon de poner aquel índice en el grado 13 de Escorpion, es por tener la misma ascension recta que la Estrella horologial; y por consiguiente, estando el Sol en dicho grado, que es á 3 de Noviembre, la Estrella y el Sol están á un mismo tiempo en el Meridiano.

El uso del Relox es el siguiente. Ruédese el círculo interior de las horas, hasta poner su índice sobre el grado en que se halla aquel dia el Sol: levántese el instrumento, y mírese por el agujero del medio la Estrella Polar ó Norte, y juntamente muévase el instrumento hasta que por el otro índice se vea la Estrella horologial; y entónces el hilo pendiente con el plomo señalará la hora verdadera en el círculo interior de las horas. No me detengo mas en esto por ser cosa bien sabida.

LIBRO VI.

DE LOS RELOXES DE REFLEXION Y REFRACCION.

REloxes de reflexîon ó catóptricos, son los que señalan las horas con el rayo reflexo del Sol. Reloxes de refraccion ó dióptricos, son los que las demuestran con el radio refracto. En qué se distinguen estos rayos reflexos y refractos, se dixo latamente en los tratados de la Catóptrica y Dióptrica, y brevemente se declarará despues. Entrambas especies de Reloxes son muy ingeniosas; pero con esta diferencia, que los de reflexîon son de grande utilidad; mas los de refraccion de poca ó ninguna, por lo que traté de ellos con brevedad.

CAPITULO I.

DE LA DESCRIPCION DE LOS RELOXES Catóptricos ú de Reflexîon.

MUchas son las especies de estos Reloxes; porque el espejo que causa la reflexîon puede tener diferentes situaciones: puede estar horizontal, vertical ó inclinado, con paralelismo á diferentes círculos de la esfera; y en cada una de estas posituras se puede fabricar el Relox de reflexîon ú oriental en la inferior de un techo puesto á nivel; ó vertical en pared perpendicular y á plomo, con declinacion ó sin ella; ó inclinado en planos diferentemente inclinados: pero por ser muy semejantes las reglas con que todos se describen, no será cansada su explicacion. Propongo primero algunas definiciones y suposiciones fundamentales, que latamente se demonstráron en la Catóptrica.

DE-

DEFINICIONES.

1 *Rayo directo ú de la incidencia*, es el que viene derechamente del cuerpo luminoso, é incide en la superficie del espejo. *Rayo reflexo ú de la reflexîon*, es el que resalta y reverbera de la superficie del espejo. Sea en la *fig.* 122. el espejo F y el Sol A: el rayo directo es AF, y el reflexo FB, y el punto F es el *punto de la reflexîon*.

2 *Angulo de la incidencia*, es el que forma el radio directo con el plano del espejo, como AFD; y ángulo de la reflexîon, es el que forma con el mismo plano el rayo reflexo, como BFE.

SUPOSICIONES.

1 El radio directo y el reflexo siempre están en un mismo plano perpendicular á la superficie del espejo: esto es, que si del punto F de la reflexîon se levanta la FC perpendicular á la superficie del espejo, las tres líneas AF, FC, FB estarán en un mismo plano, que por ser FC perpendicular á la superficie del espejo, lo será tambien dicho plano.

2 El ángulo de la incidencia siempre es igual al de la reflexîon.

3 El mismo movimiento lleva el radio reflexo que el directo, y entrambos el mismo que el Sol; pero el reflexo siempre se mueve al contrario que el directo y el Sol.

4 El punto de la incidencia ó medio del espejo, es sensiblemente el centro del mundo y la extremidad del Gnomon: la longitud de este es la distancia perpendicular del medio del espejo al plano en que se ha de describir el Relox; y su propio lugar es el punto en que incide esta perpendicular.

5 De aquí se infiere, que el rayo reflexo, de la misma suerte describe en el plano del Relox los círculos celestes, que el radio directo que pasa por la extremidad del Gnomon, aunque á la parte opuesta.

El

6 El rayo reflexo siempre se encamina al contrario del directo; de que se sigue, que en toda reflexîon lo diestro se hace siniestro, y lo superior inferior. Todo esto queda demonstrado en la Catóptrica.

PROP. I. Teorema.

Qualquiera Relox reflexo no se distingue del directo mas que en la situacion. (*fig.* 123.)

Sea por exemplo una pared AB levantada á plomo, y meridional sin declinacion: sea el Gnomon GC, en cuya extremidad C esté colocado horizontalmente un pedazo de espejo; y supongamos que el Sol P esté en la Equinoccial. Esto supuesto, su rayo directo, si pasase á la otra parte del espejo, llegaria al punto E, que seria el punto de la Equinoccial en el meridiano FE; pero porque el rayo reflexo CF va al punto F, es forzoso sea F el punto de la Equinoccial en el Relox reflexo; y por consiguiente es lo mismo que si el Sol estuviera en D: luego como el Gnomon siempre esté entre la Equinoccial y el centro del Relox, pasando la Equinoccial por F, estará dicho centro baxo del Gnomon en algun punto de la GE: luego el Relox reflexo estará al reves del directo; y como el rayo reflexo CF haga el mismo movimiento que el directo PCE, aunque al contrario, se sigue ha de ser el Relox reflexo el mismo que el directo, pero con situacion contraria; esto es, lo de arriba vendrá á estar abaxo; y las horas que venian á la derecha vendrán á la siniestra.

PROP. II. Problema.

Tirar por el lugar del espejo una línea paralela á qualquiera plano. (*fig.* 124.)

Considérense las líneas que forman el quadrilátero DB como plantas de paredes levantadas á plomo sobre ellas, y supóngase en Z un espejo. Pídese que por Z se tire una

una paralela á la pared DP. *Operacion.* Tírese por Z en la pared PB una línea horizontal con el nivel; y por el punto en que esta tocare á la pared DP tírese otra horizontal, y así en las demas paredes: con lo qual quedará todo el quarto circuido de líneas horizontales. Póngase ahora el cabo de un hilo en Z, y extiéndase hasta la línea horizontal de la pared opuesta, y será el hilo ZQ; y ajústese de suerte, que las distancias NQ, PX sean iguales, y quedará paralelo á la pared DP como es bien claro.

PROP. III. Problema.

Determinar el lugar y longitud del Gnomon en los Reloxes de reflexîon, y sacar en el techo la línea meridiana.

La extremidad del Gnomon, como dixe, es el punto del medio del espejo, y su longitud la distancia perpendicular de dicho punto, hasta la pared ó plano en que se describe el Relox, sin haber otro Gnomon mas que la sobredicha distancia. Determinado pues el lugar del Gnomon, que es el punto en que cae perpendicularmente la línea que sale del espejo, quedará todo determinado. Extiéndase pues un hilo bien tirante desde el espejo al plano: aplíquese á este y al hilo una esquadra de suerte, que el un brazo ajuste con el plano, y el otro con el hilo, y esto por diferentes partes, y el hilo quedará perpendicular al plano, y esa será la longitud del Gnomon; y su lugar el punto en que tocare al plano.

La línea meridiana se sacará en el techo, sacándola primero en el plano horizontal de suerte, que pase por el centro del espejo, ó en el suelo por el punto que perpendicularmente le corresponde. Hecho esto, se trasladará al techo, dexando caer un hilo con su plomo desde el techo sobre dos puntos de la meridiana del suelo; y señalando los dos puntos en que el hilo toca al techo, se tirará por ellos una línea, que será la meridiana.

PROP.

PROP. IV. Problema.

Puesto el espejo paralelo al plano de la Equinoccial, describir el Relox vertical reflexo.

Operacion. En el plano del espejo descríbase un Relox Equinoccial, (3 *lib.* 2) cuyo centro sea el medio del espejo: extiéndase un hilo por cada una de las líneas horarias hasta la pared ó paredes, y donde tocare en ellas el hilo señálese un punto, y estos puntos serán los horarios: sáquese tambien un hilo del medio del espejo y perpendicular al mismo, y extiéndase hasta la pared, y el punto en que la tocare señálese, y este será el centro ó polo del Relox reflexo, con lo qual se tienen tres puntos para cada hora: luego por la práctica de la *prop.* 19 *lib.* 1 se describirán las horas en esta forma: Tírese un hilo del centro del Relox al punto horario; y un otro hilo que salga del centro del espejo, llévese de modo que vaya rayendo al primero, y su cabo señalará la línea horaria en la pared; y haciendo lo mismo en todas quedará descrito el Relox.

Demonstr. El polo del Relox, el centro del espejo y cada punto horario de los señalados están en el mismo plano del círculo horario: luego segun la operacion el hilo que saliendo del centro del espejo va rayendo al otro hilo que junta los otros dos puntos, describe los planos horarios: luego su extremidad describe en la pared las líneas horarias.

COROLARIOS.

1 *Este Relox no se diferencia del vertical directo mas que en la situacion de las horas, singularmente si se describe en una pared llana; porque la Equinoccial es la misma, esto es, la comun seccion del plano del espejo con la pared. El centro ó polo del Relox tambien es el mismo, y la division de la Equinoccial, como consta de la operacion: luego los intervalos horarios son los mismos, y por consiguiente el mismo Relox: y como la Equinoccial venga á estar debaxo del Gnomon, el centro estará so-*

bre él, por estar siempre el Gnomon entre el polo del Relox y la Equinoccial; y así no tendrá mas diferencia del directo, que la sobredicha.

2 *Si al cabo del Gnomon de qualquiera Relox se coloca un espejo paralelo al plano de la Equinoccial, el rayo reflexo señalará las horas.*

3 *Si en el Relox explicado se quieren colocar los paralelos de los Signos, se obrará del mismo modo que en el directo, segun lo dicho en el libro 3, solo que el Trópico de Cancro se ha de mudar en el de Capricorno, y los demas paralelos boreales en australes.*

PROP. V. Problema.

Puesto el espejo paralelo á la Equinoccial, describir el Relox horizontal reflexo.

Estando en esta situacion el espejo, se pueden hacer dos Reloxes horizontales reflexos, uno en el techo y otro en el suelo, si el espejo lo fuere por entrambas superficies; y en este caso el Relox del techo serviria desde 21 de Marzo hasta 23 de Setiembre; y el del suelo desde 23 de Setiembre hasta 21 de Marzo. Entrambos se fabricarán como el antecedente: y tambien haciendo á la altura de polo de la region, y con el Gnomon igual á la distancia perpendicular del espejo al plano un Relox horizontal por las reglas ordinarias, por no distinguirse el reflexo del directo en otro, que en que las horas que habian de ser matutinas han de ser vespertinas, y al contrario; y los paralelos de los Signos boreales se han de convertir en australes. La razon de ser el mismo Relox, consiste en tener ambos una misma Equinoccial y un mismo polo, por la razon dicha en el *corol.* 1 de la proposicion pasada.

PROP. VI. Problema.

Dispuesto el espejo de modo, que sea paralelo al círculo de la hora sexta, delinear el Relox vertical reflexo.

Operacion. Sacada la declinacion de la pared, y determinado el Gnomon, (3.) hágase un Relox vertical propio para aquella pared, y á la altura de polo de aque-
lla

lla region por las reglas ordinarias, solo que las horas matutinas se han de mudar en vespertinas; esto es, en la línea de las 5 de la mañana se han de escribir las 7 de la tarde; á la de las 4 las 8, á la de las 3 las 9, á las 2 las 10, á la 1 las 11, á las 12 de media noche las 12 del dia, á las 11 ántes de media noche la 1, á las 10 las 2, &c. Puédese demonstrar esto como en los antecedentes. Los paralelos de los signos que cupieren en el Relox reflexo, se describirán como en el directo.

PROP. VII. Problema.

Puesto el espejo paralelo al círculo de la hora sexta, delinear el Relox horizontal reflexo.

Este Relox solo se puede delinear en el techo, por ser imposible venga la reflexîon al suelo, estando el espejo en la disposicion sobredicha. Considérese pues el plano del espejo continuado hasta el techo en que se ha de describir el Relox, y la comun seccion de entrambos planos será la línea de las 6, y tirando por medio del espejo una perpendicular á esta comun seccion, será el exe del mundo, y el punto en que la cortare será el centro del Relox: levántese del medio del espejo un hilo perpendicular á su plano, y este estará en el plano de la Equinoccial; y el punto en que cortare al techo, será el punto del Meridiano por donde ha de pasar la Equinoccial: tírese una recta por este punto y el polo del Relox, y será la meridiana: y tirando una perpendicular á la meridiana por el punto Equinoccial que se señaló, será la Equinoccial: y con esto y el Gnomon del Relox, que es la perpendicular al techo que sube del medio del espejo, se hará un Relox horizontal por las reglas ordinarias: y si pareciere se describirán en él los paralelos de los signos como en los Reloxes directos, solo que como el polo de este Relox es el Antárctico, los paralelos de los signos vecinos al polo han de ser los Australes; y los mas remotos los Septentrionales. Todo lo qual consta claramente de lo dicho.

PROP. VIII. Problema.

Puesto el espejo horizontalmente, describir el Relox horizontal reflexo. (*fig.* 125.)

El mejor modo, y el mas ordinario de colocar el espejo para hacer los Reloxes de reflexîon, es ponerle paralelo al Horizonte bien nivelado. El modo de nivelarle tiene bastante dificultad en la práctica por su pequeñez: podíase poner en su lugar un vaso pequeño de agua; pero tiene el inconveniente de moverle fácilmente el viento, y estar inquieta su reflexîon. Podráse poner á nivel el espejo, colocando allí cerca un vaso de agua, y observando entrambas reflexîones; porque en estando paralelas estará nivelado el espejo. Tambien se nivelará como se sigue. Puestos en el Relox los paralelos de los signos, obsérvese en otro Relox de Sol el punto en que señala alguna hora, y ajústese el espejo de suerte, que su reflexîon cayga en la interseccion de la hora con el paralelo en que se halla aquel dia el Sol, y quedará nivelado. Pero el modo mas exâcto es el siguiente. Obsérvese en la pared quando el rayo directo y el reflexo están en una misma línea perpendicular al Horizonte, lo que fácilmente se observará con un perpendículo, y entónces estará el espejo nivelado.

Supuesta pues esta postura del espejo, hemos de describir en el techo un Relox horizontal. *Operacion.* Tomada por Gnomon la perpendicular que sube del espejo al techo, y sacada de allí la línea meridiana, descríbase el Relox horizontal ordinario, con sola esta diferencia, que su polo ó centro se ha de poner á la parte Austral, y su equinoccial á la parte Septentrional.

Demonstr. Supóngase en la *fig.* 125, que la línea LM es la meridiana tirada en el techo ó plano del Relox; y suponiendo que el punto A sea el polo del mundo, su reflexîon irá al punto L: con que L será el polo gnomónico reflexo, ú del Relox de reflexîon: luego si con el Gnomon KB se hace el ángulo BKL igual al complemento de la altura de polo como mandan las reglas ordinarias en la des-

descripcion del Relox horizontal, se tendrá el polo L del Relox reflexo. Asimismo, haciendo el ángulo BKM, segun las mismas reglas, igual á la altura de polo, se tendrá el punto Equinoccial M, por el qual se ha de tirar la Equinoccial perpendicular á la meridiana LM; y la línea KM será la hipotenusa de que nos valemos para dividir la Equinoccial en los puntos horarios: luego el Relox horizontal reflexo, se ha de describir de la misma suerte que el directo, y con las mismas reglas ordinarias se colocarán en él los paralelos de los signos.

PROP. IX. Problema.

Puesto el espejo horizontalmente, describir qualesquiera Reloxes verticales.

Operacion. Determínese la longitud del Gnomon y su lugar, (3.) y sáquese la declinacion de la pared en que se ha de describir el Relox. Hecho esto, si la pared no tuviere declinacion, y mirare al Mediodía, hágase por las reglas ordinarias un Relox Septentrional sin declinacion; y si la pared mirare al Septentrion, hágase un Relox meridional. Si dicha pared tuviere diclinacion de Mediodía á Levante, hágase el Relox declinante de Septentrion á Poniente; si declinare de Mediodía á Poniente, hágase el Relox declinante de Septentrion á Levante; y si la pared declinare de Septentrion á Poniente, hágase en ella el Relox declinante de Mediodía á Levante; y si declinare de Septentrion á Levante, descríbase el Relox declinante de Mediodía á Poniente, haciendo siempre la construccion segun la longitud del Gnomon hallada, y segun los grados de declinacion que se observaron, y á la altura de polo propia de la region. Todo lo qual consta de lo demonstrado en las proposiciones antecedentes.

En los Reloxes laterales ó meridianos reflexos, se procederá como en los directos, (14 *lib.* 2) pero con esta diferencia, que el lateral oriental se hace occidental; y al contrario, el occidental oriental: ó mas claramente, hágase en un papel el Relox occidental, y vuélvase al reves lo de

de arriba abaxo, y servirá de Relox oriental reflexo; y con la misma diligencia el oriental se hará occidental; pero se han de mudar los números de las horas. La parte de las líneas horarias que está baxo la línea horizontal, se puede borrar como inútil. Los paralelos de los signos se describirán en los Reloxes verticales reflexos con las mismas reglas que en los directos de su misma especie.

PROP. X. Problema.

Puesto el espejo horizontalmente, describir el Relox Equinoccial y Polar reflexo.

1 Relox Equinoccial reflexo, es el que se describe en el plano Equinoccial reflexo, el qual no es otro, que un plano elevado sobre el horizonte por la parte del Septentrion, tantos grados, quanta es la altura de la Equinoccial ó complemento de la altura de polo. El modo de delinear este Relox, estando horizontal el espejo, es el siguiente. Del centro del espejo sáquese un hilo perpendicular al plano sobredicho, y este será el Gnomon; y el punto en que le cortare, será su propio lugar, y juntamente el polo del Relox; y hecho centro en este punto, se describirá un círculo que se dividirá en 24 partes iguales, y tirando líneas del centro por las divisiones, serán las de las horas, y quedará descrito el Relox, cuya superficie superior servirá en el Verano, y la inferior en el Invierno.

2 Relox polar reflexo es el que se describe en el plano polar reflexo, el qual no es otro, que el que se eleva sobre el Horizonte por la parte del Austro, tantos grados, quanta es la altura de polo. Su descripcion consiste en lo siguiente: Puesto el espejo horizontalmente, se sacará de su centro con un hilo una perpendicular al plano, la qual caerá en un punto de la meridiana, y será la longitud del Gnomon: tírese pues la meridiana por este punto, y por el mismo otra línea perpendicular, que será la Equinoccial, la qual se dividirá en los puntos horarios, como en los Reloxes polares directos, y se tirarán por estos puntos las líneas horarias perpendiculares á la Equinoccial.

PROP.

PROP. XI. Problema.

Puesto el espejo horizontalmente, describir en qualesquiera planos inclinados el Relox reflexo.

Operacion. Descríbase en una tabla un Relox horizontal directo, y póngasele su Gnomon determinado; y habiendo sacado la línea meridiana por el centro del espejo, aplíquese el Relox horizontal de modo, que ajustando su meridiana con la otra, la extremidad de su Gnomon venga á estar en el centro del espejo; pero con tal postura, que la parte Austral del Relox horizontal esté hácia el Septentrion, y la Septentrional hácia el Austro. Dispuesto el Relox en esta forma, y estando bien firme, se describirá el Relox de reflexîon en el plano ó planos opuestos, aunque sean inclinados con qualquier género de inclinacion, en la forma siguiente.

De qualquiera punto de cada línea de las horas extiéndase un hilo por la extremidad del Gnomon hasta la pared ó techo, y donde tocare el hilo señálese un punto, el qual pertenecerá á aquella hora en el Relox reflexo; y habiendo sacado, como otras veces se ha dicho, el polo ó centro del Relox, se tirará por este y el punto señalado la línea horaria: de la misma suerte se describirán las demas horas, y se habrá descrito el Relox. Con este mismo artificio se describirán en el Relox reflexo los paralelos de los Signos, horas Itálicas y Babilónicas, y los círculos verticales, si todo eso estuviere delineado en el Relox horizontal, con solo extender el hilo de sus puntos por la extremidad del Gnomon hasta la pared ó techo; porque los puntos que allí señalare el hilo, serán los que corresponden por reflexîon á los paralelos, líneas ó círculos sobredichos. La misma práctica enseñará la facilidad y certeza de esta operacion, la qual tiene el mismo fundamento que las antecedentes.

PROP.

PROP. XII. Problema.

Puesto verticalmente el espejo, describir el Relox horizontal reflexo.

El espejo vertical puede tener mayor ó menor declinacion, ó carecer de ella, del mismo modo que sucede en las paredes verticales; y segun esta variedad puede tambien ser varia la línea meridiana reflexa, que es lo que en primer lugar se debe sacar, para lo qual se advertirán las notaciones siguientes.

1 Si el espejo carece de declinacion, la línea meridiana directa y reflexa es una misma; porque en este caso el espejo está en el plano del vertical primario, á quien es perpendicular el plano del meridiano, en quien está al punto del mediodía así el rayo directo, como el reflexo: luego el corte del meridiano con el Horizonte, que es perpendicular al plano del espejo, será la meridiana, así directa, como reflexa.

2 Si el espejo es paralelo al meridiano, la línea meridiana directa y reflexa son una misma; porque en este caso tanto el rayo directo como el reflexo, traen al punto del mediodía al espejo.

3 Si el plano vertical del espejo tuviere declinacion, la línea meridiana reflexa declinará ó se apartará de la directa doblados mas grados de los que tuviere la declinacion del espejo. Para que esto conste con claridad véase la *fig.* 126. en la qual sea ACB el plano del espejo que decline, por exemplo, del vertical primario EF 20 grad. sea la línea meridiana directa GC: tírese la IC perpendicular á BA, y sea CH el rayo reflexo ó línea meridiana reflexa. Digo, que esta declina 40 grados de la línea meridiana GC. *Demonstr.* Los ángulos GCF, ICA son rectos iguales: luego quitado el comun AGC, los ángulos residuos ICG, ACF son iguales, esto es, cada uno 20 gr. pero los ángulos GCI, ICH son tambien iguales por las leyes de la reflexîon: luego ICH es tambien 20 grad. luego todo el ángulo GCH es de 40 grados.

Con-

4 Considerando el espejo vertical terso y reflexîvo por entrambas superficies, una de ellas servirá para el Relox horizontal descrito en el suelo, y la otra para otro descrito en el techo; y el Polo de aquel será el Antárctico; y el de este el Arctico. Esto supuesto, se describirá el Relox horizontal, así en el suelo como en el techo, en esta forma.

Hállese un punto de la línea meridiana reflexa, que será en el suelo qualquiera en que al punto del mediodía, observado en un Relox, cayga la reflexîon: señálese tambien el pie del Gnomon echando un hilo con su plomo por el centro del espejo, y este en el suelo representará gnomónicamente el Zenit, y en el techo el Nadir; y tirando del primer punto al pie del Gnomon una línea recta, será la meridiana: hállese en esta línea meridiana, como en los Reloxes directos, el punto Equinoccial; por el qual, tirando una perpendicular á la Meridiana, será la Equinoccial, que se dividirá en los puntos horarios por las reglas ordinarias, por los quales y el Polo reflexo del Sol, hallado como otras veces, se tirarán las líneas de las horas, y quedará concluido el Relox. Los paralelos de los signos y círculos verticales se delinearán como en los horizontales directos. El fundamento es el mismo que el de los antecedentes.

PROP. XIII. Problema.

Puesto verticalmente el espejo, describir el Relox vertical reflexo.

Operacion. Hállese, como en el antecedente, un punto de la línea meridiana: tírese por este punto una perpendicular con un perpendículo, y esta será la línea meridiana. Hallada esta, y tomada la longitud del Gnomon, descríbase por las reglas ordinarias el Relox vertical competente con declinacion ó sin ella, segun la tuviere ó no la tuviere la pared, y quedará concluida la operacion. Las paredes que miraren al Mediodía tendrán el Polo gnomónico ó centro del Relox debaxo la línea horizontal, y será el Polo Arctico; y las que miraren al Septentrion le tendrán sobre dicha horizontal, y será el Antárctico. Advíer-

viértase tambien, que el órden de las horas procede al reves que en los Reloxes directos; porque quando en estos procede de la izquierda del que mira á la pared hácia la derecha, en aquellos ha de proceder de la diestra hácia la izquierda, y al contrario. Los paralelos de los signos y verticales se colocan en estos Reloxes reflexos, como en los directos. Si así el plano del espejo como el del Relox fueren paralelos al Meridiano, serán las líneas horarias paralelas al exe del mundo y entre sí: todo lo qual se hallará fácilmente en la misma práctica.

PROP. XIV. Problema.

Colocado firmemente el espejo en qualquiera postura, describir el Relox de reflexîon en qualesquiera planos ocurrentes, por irregulares y desiguales que sean.

Esta regla para describir los Reloxes reflexos, por ser general y segura, si se executa con cuidado es muy apreciable. *Modo* 1. Obsérvese en un Relox fiel y seguro el punto en que señala las horas, y al mismo tiempo nótese el punto en que cae la reflexîon del espejo, con lo qual se tendrá un punto de cada línea horaria: sáquese por las reglas dadas en los Reloxes antecedentes el polo ó centro del Relox, con lo que se tendrán dos puntos de cada línea horaria: con lo qual se tirarán con facilidad, aunque las superficies del techo y paredes sean curvas, ó hagan ángulos; porque aplicando una regla de madera desde el centro del Relox al punto que se notó en cada hora, si se fixa en el centro del espejo un hilo, y se va llevando de modo, que vaya rayendo la sobredicha regla, su cabo irá describiendo las líneas horarias, y quedará hecho el Relox. Si así como se ha señalado un punto en cada línea horaria, se señalasen dos en dos dias bien distantes, sería mas segura la descripcion.

Modo 2. Colóquese firmemente el espejo en su lugar con qualquiera postura, y obsérvense en un otro Relox bien puntual en un mismo dia, el que se quisiere, tres horas bien distantes entre sí, como por exemplo, las 8, 11 y 5;

y al mismo tiempo señálense los tres puntos donde vienen á parar las tres reflexîones: extiéndanse del centro del espejo á los tres puntos notados tres hilos bien tirantes: estando en esta forma los hilos, nótese en cada uno de ellos un punto, y todos con igual distancia arbitraria del centro del espejo, como en la *fig.* 127. Sea el espejo A, cuyas tres reflexîones arriba dichas vengan á los puntos P, Q, R; y extendidos los hilos AP, AQ, AR, nótense los puntos B, C, D, igualmente distantes del punto A: con la distancia AB como radio, se describirá aparte el círculo GDI, en el qual se cortará el arco DB igual á la declinacion que aquel dia tiene el Sol; y habiendo tirado el diámetro DF, se tirará por el punto B la paralela BE, que se dividirá por medio en C, y será CB el semidiámetro del paralelo en que aquel dia anda el Sol: con este radio CB hágase sobre carton ú otra materia firme un círculo, que se dividirá en 24 partes iguales, que se notarán con los números de las horas, y representará el paralelo sobredicho del Sol, y vendria ajustado á una esfera, cuyo radio fuese igual á AB, distancia del centro del espejo á los puntos notados en los hilos, que se supone permanecen en la misma disposicion que arriba dixe.

Colóquese este círculo dentro del espacio que comprehenden los hilos, de modo que los tres puntos B, C, D notados, se ajusten sobre su periferia á las mismas horas 8, 11 y 5 arriba dichas, y con esto quedará el círculo con su situacion natural; es á saber, quedará constituido en el plano del paralelo en que el dia de la observacion andaba el Sol: y tirando un otro hilo del punto A por cada punto horario de este círculo, extendiéndole hasta la pared ó techo, se notará allí un punto de cada línea horaria: últimamente, pasando un hilo de A por el centro E del mismo círculo hasta la pared, se tendrá en ella el centro del Relox, con que se tendrán dos puntos en cada línea horaria; y por consiguiente se tirarán estas en la forma que se dixo en el *Modo* 1. y quedará concluido el Relox reflexo, en el qual se podrán colocar los paralelos de los signos y demas círculos, como se dixo en las proposiciones antecedentes.

ÇA-

CAPITULO II.

DE LA DESCRIPCION DE LOS RELOXES Dióptricos ú de Refraccion.

AUnque estos Reloxes refractos son de poca ó ninguna utilidad; pero para que no se eche ménos alguna noticia suya en este tratado, les explicaré con brevedad.

SUPOSICIONES Y DEFINICIONES.

1 Qualquiera rayo de luz que desciende obliqüamente pasando de un medio á otro de diferente densidad, se rompe y dobla, desviándose de la línea que llevaba, y echando por otra; y este rompimiento y desvío, se llama *refraccion*; la porcion de este rayo de luz ántes que se doble, se llama *rayo directo* ó *incidente*; y la porcion que se dobla y desvia, se llama *rayo refracto*. Esta refraccion es en dos maneras; porque quando el rayo directo incidiendo pasa de un medio ménos denso á otro mas denso, se dobla acercándose á la perpendicular tirada del punto en que se hace la refraccion: y al contrario, saliendo del medio mas denso al ménos denso, se desvia apartándose de dicha perpendicular.

Véase la *fig.* 128. en la qual sea AL un vaso de agua, que es medio mas denso que el ayre. Digo que el rayo FE, que incide por el ayre obliqüamente sobre la superficie AB del agua, no continúa rectamente por EG, si que se dobla en E; y camina por EH, acercándose á la perpendicular EC: y al contrario, si el cuerpo luminoso estuviere en G, y su rayo fuese GE, al salir del agua al ayre no continuaria su curso rectamente por EF, si que iria por EI, apartándose de la perpendicular ED. El ángulo FED, es el *ángulo de la inclinacion*: el ángulo FEB, se llama *ángulo de la incidencia*: y el HEC, *ángulo de la refraccion* ó *refracto*.

El

2 El rayo perpendicular como DE, no tiene refraccion, si que prosigue rectamente á C; pero los demas, quanto mas obliqüos, ó mas distantes de la DE, padecen mas refraccion; pero no por eso guardan una misma proporcion los ángulos de la incidencia con los de la refraccion, como se dixo en la Dióptrica.

3 Los rayos incidente y refracto están siempre en un mismo plano perpendicular á la superficie comun de entrambos diáfanos; esto es, el rayo incidente FE y su refracto EH están en el mismo plano que pasa por las líneas DE, FE, y es perpendicular á la superficie AB.

PROP. XV. Problema.

Fabricar el quadrante de las refracciones.

Llámese *Quadrante Anaclástico ú de las refracciones*, el que contiene el valor ó grados de los ángulos de la refraccion correspondientes á los ángulos de la incidencia. Es menester este quadrante para delinear los Reloxes refractos, y se fabrica mediante la Tabla siguiente, en cuya segunda coluna se hallan los grados de los ángulos de refraccion, que corresponden á los de la incidencia puestos en la coluna primera. El modo de fabricarle es el siguiente.

Descríbase un quadrante de círculo dividido en 90 grados, cuyos números se pueden omitir ó poner á la parte de dentro, dexando á la de fuera bastante espacio para poner los de refraccion, en esta forma: Porque en la Tabla siguiente á los 5 grados de incidencia corresponden 37 grad. 57 min. de refraccion, se escribirán en el quadrante enfrente de los 5 grad. los sobredichos 37 grad. 57 min. asimismo enfrente de los 10 grad. se escribirán en el quadrante 40 grad. que les corresponden en la Tabla; y así de los demas, y quedará concluido el quadrante.

TA-

TABLA DE LOS ÁNGULOS REFRACTOS.

Angulo de incidencia.	Angulo de refraccion.		Angulo de incidencia.	Angulo de refraccion.	
5	37	57	50	60	54
10	40	0	55	64	2
15	42	12	60	67	30
20	44	30	65	70	57
25	46	57	70	74	30
30	49	30	75	78	13
35	52	20	80	82	5
40	55	0	85	86	0
45	57	57	90	0	0

PROP. XVI. Problema.

Describir el Relox horizontal refracto.

Se ha de describir en el suelo interior de un vaso un Relox horizontal, que para señalar bien las horas sea menester se llene el vaso de agua. *Operacion* 1. Póngase el Gnomon en el medio del suelo del vaso, y sea alto de suerte, que su extremidad no salga de la superficie del agua. 2. En el mismo suelo del vaso descríbanse los círculos verticales en la forma acostumbrada, describiendo del pie del Gnomon, como centro, un círculo dividido en partes iguales: y tirando del centro líneas á las divisiones, que serán los verticales, así directos como refractos. Divídase uno de estos radios ó verticales gnomónicamente en sus grados, como de 10 en 10, solo que en lugar del quadrante ordinario se ha de usar del quadrante refracto: y tirando círculos por las divisiones, haciendo centro en el

el pie del Gnomon, quedarán descritos los Almicantarat: hecho esto, se delinearán las horas como se sigue.

Téngase descrito aparte un Relox horizontal ordinario con sus verticales y Almicantarat; y nótense en cada línea horaria cinco ó seis puntos, advirtiendo juntamente, que vertical y Almicantarat pasa por cada uno de dichos puntos: búsquense en el Relox refracto, que se va describiendo, las intersecciones de los mismos verticales y Almicantarat que se notáron en el Relox separado, y señálense con sus puntos, y se tendrán cinco ó seis puntos de cada línea horaria, y guiando por los que pertenecen á una misma hora una línea curva, quedarán descritas las horas, y concluido el Relox.

Así en este, como en los siguientes Reloxes refractos, se supone, que la superficie refringente sea paralela al Horizonte, omitiendo otras suposiciones, por ser de ningun provecho.

PROP. XVII. Problema.

Describir el Relox equinoccial y polar refracto.

Operacion. Descríbanse en estos Reloxes los círculos verticales por las mismas reglas que en los Reloxes directos, *lib.* 3 *propos.* 24. Divídanse estos gnomónicamente para describir los Almicantarat en la misma forma que se dixo *lib.* 3 *propos.* 33 *y* 34, solo que en lugar del quadrante ordinario hemos de usar del refracto: puestos los verticales y Almicantarat, se describirán las horas como en el antecedente. Téngase aparte delineado el Relox equinoccial, ó el polar directo con sus círculos verticales y Almicantarat: nótense en cada línea horaria cinco ó seis puntos, y las intersecciones de cada uno con su vertical y Almicantarat: búsquense y nótense con puntos las intersecciones de aquellos mismos verticales y Almicantarat, y se tendrán para cada línea horaria cinco ó seis puntos, que juntándoles con una línea curva, quedarán descritas las líneas horarias y el Relox.

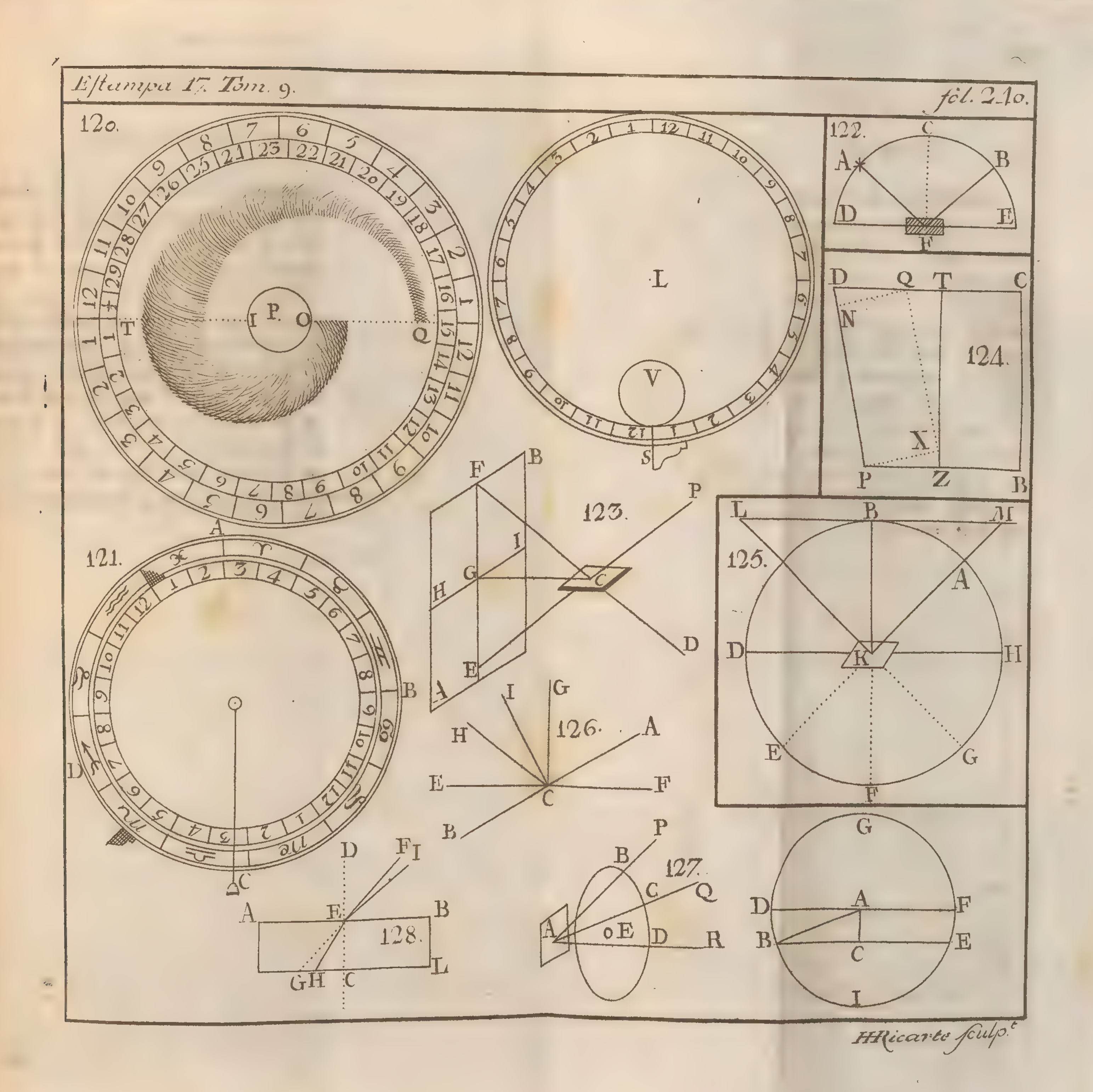
PROP.

PROP. XVIII. Problema.

Describir el Relox vertical refracto.

Este Relox se describe como los demas en la forma sobredicha: colócanse en él primeramente los círculos verticales como en los directos; esto es, tirándoles con un perpendículo, segun la *propos.* 27 *lib.* 3; luego se describirán los Almicantarat como en los directos, (*prop.* 31 *lib.* 3) solo que en lugar del quadrante ordinario se ha de usar del de refraccion; y tomando sus intersecciones con los verticales y líneas horarias de otro Relox, y notándolas en este, se señalarán cinco ó seis puntos de cada línea horaria, con que se describirán estas, y se concluirá el Relox como los antecedentes. Con este mismo artificio se describirán los Reloxes refractos en otras qualesquiera superficies; y por consiguiente, bastará lo dicho en esta materia.

IN-



HRicarte sculp.t



INDICE

DEL TRATADO Y LIBROS, CAPITULOS Y PROPOSICIONES

QUE SE CONTIENEN EN ESTE TOMO.

TRATADO XXVI.

Prop.

Prop.

Prop.

FIN.

